

Former pour l'inconnu

03

Éditorial

Pierre COUVEINHES

05

Introduction

Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA

Visions d'avenir pour l'éducation

09

Comprendre et gérer la transition éducative

Philippe JAMET et Frédérique VINCENT

13

La formation : une dynamique collective pour l'industrie

Isabelle MARTIN

19

Les STEM jobs (métiers scientifiques et technologiques) et le développement de l'industrie

Christian MARGARIA et Bruno VERLON

23

Former pour l'avenir : le rôle joué par le programme

Erasmus+

Elena TEGOVSKA

28

Science vs humanités : changer de modèle et de perception

Alexandre MOATTI

33

La prospective : de l'anticipation à la préparation à l'avenir

Pierre PAPON

Quelques effets de la révolution numérique dans le domaine éducatif

38

L'enseignement en ligne suscite une soif nouvelle de connaissance

Gilles DOWEK

42

FUN, une plateforme de MOOCs au service des établissements d'enseignement supérieur

Catherine MONGENET

48

De Lausanne à Yaoundé : l'aventure des MOOCs

Dimitrios NOUKAKIS, Gérard ESCHER

et Patrick AEBISCHER

Enseigner et apprendre autrement

54

Éducation et développement cognitif de l'enfant

Olivier HOUDÉ

57

Plaidoyer pour l'école primaire et l'apprentissage

Thierry WEIL

62

L'artisanat augmenté

Conceptions, enseignements et pratiques d'un art numérique appliqué aux métiers de l'artisanat

Bruno MONPÈRE

66

Faire pour inventer l'avenir : une utopie concrète ?

Rafaële COSTE LARTIGOU et Emmanuelle REILLE-BAUDRIN

71

Comment approfondir les relations entre l'école et l'entreprise pour préparer les jeunes aux réalités économiques de demain ?

Christiane DEMONTÈS

74

Former pour l'inconnu : le rôle de la prospective

Thierry GAUDIN et Anne-Marie BOUTIN

Hors dossier

80

Deux cents ans de métallurgie à l'École des Mines de Saint-Étienne

Michel DARRIEULAT

86

Traductions des résumés

97

Biographies des auteurs

UNE SÉRIE DES
**ANNALES
DES MINES**
FONDÉES EN 1794

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Série trimestrielle • Mai 2016

Rédaction

Conseil général de l'Économie, de l'Industrie,
de l'Énergie et des Technologies, Ministère de
l'Économie, de l'Industrie et du Numérique
120, rue de Bercy - Télédock 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

Pierre Couveinhes

Rédacteur en chef

Gérard Comby

Secrétaire général

Carine Guegan

Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier

Correcteur

Myriam Michaux

Webmestre

Membres du Comité de Rédaction

Grégoire Postel-Vinay

Président du Comité de rédaction

Serge Catoire

Pierre Couveinhes

Jean-Pierre Dardayrol

Françoise Roure

Bruno Sauvalle

Rémi Steiner

Christian Stoffaes

Claude Trink

François Valérian

Photo de couverture :

Questionnement sur les nouvelles technologies.
Photo © Alex Belomlinsky/ iStock by Getty images

Iconographie

Christine de Coninck

Abonnements et ventes

COM & COM

Bâtiment Copernic - 20 Avenue Edouard Herriot
92350 LE PLESSIS ROBINSON

Alain Bruel

Tél. : 01 40 94 22 22 - Fax : 01 40 94 22 32

a.bruel@cometcom.fr

Mise en page : Nadine Namer

Impression : Printcorp

Editeur Délégué :

FFE - 15 rue des Sablons 75116 PARIS - www.ffe.fr

Régie publicitaire : Belvédère Com

Fabrication : Charlotte Crestani

charlotte.crestani@belvederecom.fr - Tél. : 01 53 36 20 46

Directeur de la publicité : Bruno Slama

Tél. : 01 40 09 66 17

bruno.slama@belvederecom.fr

Editorial

Par Pierre Couveinhes
Rédacteur en chef

« Former pour l'inconnu », tel est le sujet développé dans ce numéro de *Réalités industrielles* qu'a coordonné Marie-Josèphe Carrieu-Costa. Comme le souligne Thierry Gaudin dans l'article qui conclut ce dossier, l'objectif ne saurait être de former pour le monde tel qu'il est aujourd'hui, mais bien pour l'avenir tel qu'il se dessine. Mais celui-ci s'avère bien difficile à prévoir, en raison des incertitudes liées au changement climatique et surtout à la révolution numérique en cours, qui bouleverse tous nos repères : modes d'accès à la connaissance et systèmes de formation, procédés de fabrication et modes d'organisation des entreprises, voire relations entre les personnes.

Il s'agit donc de former les jeunes générations à un avenir qui sera certainement très différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais qui reste pour nous bien mystérieux, d'où le titre que nous avons retenu pour ce dossier.

Sa première partie vise à cerner les finalités générales que l'on peut se fixer en matière d'éducation. Dans l'article qui ouvre ce numéro, Philippe Jamet et Frédérique Vincent rappellent que l'objectif ultime est de favoriser une bonne insertion des jeunes dans la société, mais par quelles voies et avec quelles méthodes ? Il faut bien sûr viser l'acquisition de savoirs fondamentaux, mais aussi développer la créativité. Il faut certes former des citoyens responsables, mais aussi qui soient capables de s'insérer convenablement dans le monde professionnel.

À cet égard, Isabelle Martin insiste sur la nécessité de se projeter dans le futur pour définir les formations qui seront nécessaires à l'industrie - un secteur de l'économie qui, depuis quelques années, s'est remis à créer des emplois. Symétriquement, l'avenir de l'industrie en France dépend de la disponibilité de personnes bien formées et disposant des qualifications qui seront nécessaires dans les années qui viennent. Une dynamique collective s'est mise en place, et le Conseil national de l'industrie a fait de la formation une de ses priorités.

Sur un sujet voisin, Christian Margaria et Bruno Verlon estiment qu'à court terme, il n'y a pas, globalement, de risque de pénurie de techniciens ou d'ingénieurs dans notre pays, mais plutôt un déficit pour certains secteurs, et surtout pour certains niveaux de qualification (Bac+2 et Bac+ 3 notamment, qui, paradoxalement, sont moins nombreux en France que les Bac+5 !). Un problème d'image se pose, et il serait important que les entreprises puissent convaincre les étudiants qu'une entrée directe dans la vie active à ce stade peut s'avérer au moins aussi intéressante pour leur carrière que la poursuite d'études supérieures. La possibilité effective d'un retour ultérieur dans le système éducatif pour obtenir des diplômes complémentaires est une condition indispensable.

Lutter contre le chômage, notamment des jeunes, est certainement une priorité fondamentale. Mais l'éducation doit également poursuivre d'autres objectifs : Elena Tegovska souligne l'importance de systèmes éducatifs promouvant l'inclusion sociale et pouvant faciliter, en particulier, l'intégration de migrants. Le programme Erasmus+ s'appuie sur ces principes en développant l'ouverture interculturelle, l'adaptabilité et l'esprit d'entreprise, autant de qualités qui sont également très recherchées par les employeurs.

Un cheminement différent – la prospective technologique – conduit Pierre Papon à des conclusions voisines, recommandant l'ouverture et la culture générale.

Cette logique est poussée à son extrême par Alexandre Moatti : alors que près de 80% de chaque classe d'âge arrivent dans notre pays au baccalauréat, la priorité ne devrait-elle pas être de leur faire partager un socle de connaissances communes fondé principalement sur les humanités (l'histoire, en particulier), plutôt que de chercher avant tout à les sélectionner ? Quoique d'un abord un peu provocateur, cet article met le doigt sur un problème qui est à mon avis essentiel : le socle commun de connaissances défini par Jules Ferry (qui incluait le fameux « lire, écrire, compter », mais aussi des notions d'histoire et de géographie, des « leçons de choses », de la morale) a formé efficacement des générations de Français. Mais il correspondait à une France en grande partie rurale et à des études s'arrêtant dans la majorité des cas au certificat d'études, obtenu vers 10-12 ans, si bien que le modèle s'est progressivement étioilé. Le temps n'est-il pas venu de redéfinir un tel socle commun, mais adapté au monde actuel, avec une majorité de jeunes Français poursuivant leurs études jusqu'à 18-20 ans ? Les enjeux me semblent considérables pour maintenir la cohésion de notre communauté nationale en des temps où se développent les communautarismes.

Quelques effets spécifiques de la révolution numérique dans le domaine de l'enseignement sont présentés dans la deuxième partie du dossier. Gilles Dowek souligne l'essor prodigieux de la production de connaissances, mais aussi celui du désir de connaissance. Cela se traduit par une explosion du nombre d'étudiants et, corrélativement, du besoin d'enseignants, ce qui pose la question de leur productivité. Pour répondre à ces besoins accrus, une contribution importante peut être apportée par l'enseignement en ligne, issu à la fois de l'enseignement par correspondance et de l'enseignement assisté par ordinateur, qui a vu ses possibilités multipliées par la diffusion des terminaux numériques et la disponibilité de réseaux peu coûteux. En particulier, les MOOCs (*massive online courses* - cours en ligne ouverts et massifs) connaissent aujourd'hui un grand essor. Deux exemples nous en sont donnés.

Catherine Mongenet présente la plateforme FUN (France université numérique), dont elle a coordonné la mise en place. Créée à l'initiative du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, elle regroupe aujourd'hui 70 établissements francophones d'enseignement supérieur en France et à l'étranger, mettant plusieurs centaines de MOOCs à la disposition des étudiants. Plus de 650 000 internautes sont actuellement inscrits sur cette plateforme, dont 30% hors de France.

Pour sa part, l'École polytechnique fédérale de Lausanne a lancé, dès 2013, le programme « MOOCs pour l'Afrique ». L'évaluation des résultats, que présentent ici Dimitrios Noukakis, Gérard Escher et Patrick Aebischer, montre qu'il s'agit d'une voie particulièrement pertinente pour pouvoir faire face à la forte croissance des besoins en matière d'enseignement supérieur sur le continent africain.

La troisième partie du dossier est consacrée à quelques réflexions et expérimentations en matière pédagogique qui peuvent s'avérer porteuses d'avenir.

Olivier Houdé présente la contribution que certains développements récents des sciences cognitives pourraient apporter à l'enseignement. Ainsi, l'acte d'apprendre exige l'acquisition d'automatismes, mais aussi, parallèlement, une flexibilité permettant d'inhiber certains automatismes quand ils s'avèrent inappropriés.

Pour sa part, Thierry Weil recommande de mettre l'accent sur l'école primaire, en partant du constat qu'ultérieurement le rythme d'acquisition de nouvelles connaissances par les élèves dépend principalement des connaissances déjà acquises. Dans ces conditions, les écarts observés à l'entrée dans l'enseignement secondaire ne peuvent que s'accroître de manière exponentielle. Il déplore par ailleurs que la mise en place du « collège unique », voici une quarantaine d'années, ait conduit à privilégier les connaissances abstraites par rapport aux savoirs pratiques, laissant ainsi au bord du chemin, sans perspectives d'avenir, une part importante de chaque classe d'âge. Cela l'amène à un plaidoyer en faveur d'un renouveau de l'apprentissage, dont le succès dans des pays voisins, comme l'Allemagne et la Suisse, est avéré.

Comme en réponse au précédent article, Bruno Monpère présente divers programmes développés par la Chambre des métiers du Tarn-et-Garonne, au confluent de l'artisanat traditionnel et des technologies numériques les plus avancées. Ces dernières ouvrent en effet entre le « savoir » et le « faire » de nouvelles voies de coopération, qu'explorent des mouvements tel celui des *makers*, avec notamment les *FabLabs*.

Dans la même ligne d'idée, Rafaële Coste-Lartigou et Emmanuelle Reille-Baudrin se penchent sur le rôle que peut jouer le « faire » pour inventer et apprendre dans l'univers scolaire, et elles présentent quelques initiatives allant dans ce sens.

Enfin, Christiane Demontès expose les principales conclusions du rapport qu'elle a piloté, lequel recommande une meilleure coordination des actions de coopération établies entre l'Éducation nationale et le monde économique en vue de favoriser l'insertion professionnelle des jeunes. En particulier, la mise en place du Parcours Avenir (destiné à tous les élèves du secondaire, de la 6^{ème} à la Terminale) vise à leur permettre de mieux comprendre le monde économique et professionnel, et de pouvoir ainsi choisir leur orientation en connaissance de cause.

Dans l'article qui clôt ce dossier, Thierry Gaudin utilise les outils de la prospective pour dégager quelques tendances en matière de besoins de formation à long terme. Les conclusions auxquelles aboutit cet exercice peuvent certes être contestées, mais la démarche en elle-même est stimulante pour l'esprit.

Cette livraison de *Responsabilité & Environnement* présente également, en hors-dossier, un article de Michel Darrieulat publié à l'occasion du bicentenaire de l'École des Mines de Saint-Étienne.

J'espère que vous prendrez plaisir à la lecture de ce numéro des *Annales des Mines*.

Introduction : former pour l'inconnu

Par Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA

Amble - Consultants

« ... *La fonction la plus profonde de notre être est de « faire de l'avenir »...* », Paul Valéry, Discours aux collégiens de Sète, 1935.

Ce fondement de la société qu'est la formation, aujourd'hui moteur essentiel de l'économie et enjeu même de l'avenir, ne devrait-il pas occuper tous les esprits ?

Qu'il s'agisse de formation initiale ou continue, d'éducation, d'apprentissage, d'enseignement et/ou de transmission, chaque jour sont rapportés des réformes nouvelles, de nouveaux classements, de nouvelles pédagogies et leurs supports, de nouvelles organisations institutionnelles, de nouveaux contenus et de nouveaux savoirs - de la maternelle à l'université, du monde du travail à la culture et à la recherche, des fondamentaux traditionnels aux toutes dernières connaissances.

Chacun veut faire entendre sa vérité, valoriser son point de vue comme étant le meilleur, expérimenter ou reproduire. Beaucoup d'initiatives foisonnent, dont les enjeux et les objectifs trouvent difficilement leur mesure et leurs indicateurs pour les évaluer et les comparer raisonnablement.

Les enseignants sont, quant à eux, happés par leur présent, leur matière, leurs programmes, les représentations extérieures - parents, administrations, statuts -, et, bien sûr et surtout, par les jeunes, dont ils doivent favoriser la réussite personnelle, en cohérence avec les représentations dominantes et connaissances actuelles, tout en les préparant à des avenir inconnus.

Quand on interroge divers acteurs, chacun a sa propre représentation de ce qu'il faut faire : le « savoir lire, écrire, compter » remporte toujours beaucoup de suffrages, bien qu'aujourd'hui s'y ajoute souvent le verbe « raisonner », les Freinet, Montessori, Charpak et autres étant passés par là, sans oublier les Rousseau et Rabelais, notamment, qui, pour n'être pas dans la modernité, étaient déjà dans la quête personnelle de l'enseigné : « la tête bien faite... » - sans oublier le « si bien éduqués » de Thélème, ainsi que les Socrate et autres fondateurs des relations enseignant/enseigné.

À l'autre bout du spectre, il s'agit de l'« apprendre », des vertus de la mémoire et des méthodes « structurantes » qui cadrent bien avec le système scolaire et institutionnel, avec ses sélections et ses étapes censées assurer dans leur prolongement une position sociale cohérente. Quant aux plus réalistes, ils ont complété la formule « lire, écrire,



Photo © Coll. Jean Vigne/KHARBINE-TAPABOR

Portrait de Rabelais (1483-1553), tableau conservé au musée de Versailles.

« ... Sans oublier les Rousseau et Rabelais, notamment, qui, pour n'être pas dans la modernité, étaient déjà dans la quête personnelle de l'enseigné : « la tête bien faite... » - sans oublier le « si bien éduqués » de Thélème, ainsi que les Socrate et autres fondateurs des relations enseignant/enseigné. »

compter » en y ajoutant « coder » (Stéphane Distinguin, le fondateur de l'agence d'innovation Fabernovel, dans *L'industrie notre avenir* de Pierre Veltz et Thierry Weil, Éditions Eyrolles, 2015).

De temps à autre surgissent l'apprentissage et le tutorat... Mais l'inversion des expériences et des connaissances rend-elle aujourd'hui ces modes de transmission pertinents - tels qu'ils sont perpétués ?

De quoi le champ de la formation est-il le reflet : de la volonté de l'épanouissement de chacun et de son intégration dans une société donnée qu'il contribuera à enrichir ? De quelques valeurs fondamentales et consensuelles, dont l'accès de tous aux savoirs, qui est un des ferments d'une « égalité » contraignant à des démarches homogènes ?

Il est aussi indubitable que former, c'est choisir, c'est intégrer (ou ne pas intégrer), c'est façonner les lendemains, et même, aujourd'hui, les lendemains de la planète - et ce, alors même que les connaissances de toute nature en assurent quantités de lectures possibles, avec, en aboutissement, ce rêve de l'interdisciplinarité et ce mythe de la connaissance unificatrice ?

Tout cela, avec en « éco-système » (en « écho-système », devrions-nous plutôt dire) :

- le respect des cadres collectifs, choisis de façon plus ou moins explicites, d'une société à perpétuer et de représentations partagées : exigences, rigueur, éthique, comportements citoyens et humanistes, évolutions civiques collectives... On perçoit bien aujourd'hui le nécessaire enseignement de la force des sciences et de la raison pour appuyer la laïcité et pour distancier les connaissances des croyances ;
- la qualité des outils et des acteurs dédiés aux capitalisations, aux formalisations, aux diffusions et aux transmissions de savoirs essentiels et nouveaux permettant d'évoluer, de progresser - individuellement et ensemble (de la bibliothèque à Internet) -, de faire percoler innovations, découvertes et connaissances traditionnelles ;
- le souci de garantir la construction de la pensée et de ne pas céder à l'illusion que l'on détient des connaissances dès lors que l'on accède à un système d'information.

C'est aussi qualifier au mieux toutes les personnes dans le cadre d'une société de la connaissance pour faire face aux nouvelles exigences des sciences et des techniques, à l'obsolescence rapide des savoirs, à une organisation pertinente d'une société « accélérée », au chômage, aux activités humaines : culturelles, créatives...

Sans oublier, en argument complémentaire, que les reprises économiques si espérées sont freinées par des manques de qualification, qu'il s'agisse des États-Unis, mais aussi de pays comme la Grèce ou le Portugal qui, ayant misé sur les formations supérieures, voient leurs crises nationales s'amplifier du fait de l'émigration de leurs futures élites. Les divers contextes nationaux (démographie, structures des parcours scolaires, université et entreprise...) soulevant autant de questions.

Le diplôme est partout devenu le facteur conditionnant de l'emploi. Et l'emploi est lui-même en difficulté du fait, en partie, de la non-adaptation des formations aux qualifications requises, découlant dans tous les cas d'évolutions mal maîtrisées.

On estime que la moitié des emplois non pourvus est due à un déficit en matière de compétences nouvelles, ainsi qu'à la substitution des robots aux tâches humaines reproductibles. Donc, un système socio-économique très

déstabilisé par les innovations, qui demandent un considérable investissement en approches et en démarches pédagogiques, qui elles-mêmes doivent être innovantes.

La connaissance, et donc sa transmission, est sûrement la nouvelle « énergie renouvelable » de la « prospérité » - cela d'autant plus du fait des nouveaux enjeux industriels : l'écologie, la « croissance » considérée comme l'impératif économique majeur, éloignant du chômage et de la précarité.

Définir ce qu'il faut savoir en termes de disciplines, de contenus et de niveaux, articuler fondements indispensables, progrès incessants et accélérés et complexité des tâches : autant de défis considérables qui sont aujourd'hui aiguisés du fait de deux « révolutions » : celle des nouvelles technologies et du numérique et celle de la puissance des réseaux qui bouleversent les modes de travail, d'information et d'acquisition, quel que soit le secteur concerné, et qui connaissent d'inevitable développement et mutation des pratiques, des objectifs, des concurrences et des organisations internationales. Il s'agit bien d'outils nouveaux, qui, en outre, se réapproprient la planète, l'humain et leurs représentations.

Ce dont on peut être sûr, c'est que les territoires seront économiquement investis en fonction des compétences présentes et à venir, qu'il s'agit de processus intégrateurs d'activités, mais que, par contre, les exclusions des marchés du travail risquent, quant à elles, d'être de plus en plus cruelles, laissant les individus de plus en plus démunis, et que « localiser » les savoirs stratégiques ne sera pas simple dans le cadre de gestions éclatées : qu'il s'agisse de données aussi bien que de produits et de biens, que de métiers, de professions, etc. Les fonctions vont connaître des transformations profondes (normes/déqualifications). Les territoires risquent des bouleversements lourds (redistributifs/productifs). Les distorsions, si elles ne sont pas évaluées, accessibles, transmises et diffusées entre les « connaisseurs » et les autres, risquent de conduire à des tensions, puis à des violences.

Les outils nouveaux, qui appartiennent à quelques-uns qui ont pu s'en emparer et les développer (l'intelligence artificielle, les *clouds*, le *big data*, les robots et autres réseaux), dépassent déjà en compétences les populations (cyber-exclusion), avec des risques de crise sociale. Ce qui est en jeu, c'est une nouvelle dimension du temps et de l'espace qui restera concentrée entre les mains de quelques-uns, si, justement, une formation adaptée ne vient pas la partager au profit du plus grand nombre.

La constitution de « la finance » quasi échappée du système social est bien l'exemple d'une manifestation de la concentration et de l'immédiateté produites par des outils numériques devenus de fait le socle de la nouvelle économie, avant d'être un outil industriel, un générateur de richesses et un nouveau moyen de communication sociale.

Ce « tsunami numérique » (pour reprendre le titre de l'ouvrage d'Emmanuel Davidenkoff) exige des accompagnements, comme l'école en a pratiqué pour la transmission des fondamentaux traditionnels. Il est urgent de cesser de croire que les enfants et les jeunes nés avec un clavier au

bout des doigts disposeraient de supériorités en termes de savoirs... Ce n'est pas de cela dont il s'agit, mais bien de l'intégration de nouveaux fondamentaux dans l'éducation qui permettent de nouvelles concurrences industrielles - et que les « GAFA » (Google, Apple, Facebook et Amazon) ne soient pas les seuls propriétaires et régulateurs des marchés, et donc, *in fine*, les seuls décideurs.

Cette crise de la « connaissance » suppose que la définition d'autres savoirs soit organisée et que ceux-ci soient inclus en permanence dans les enseignements de base des formations initiales ou continues, techniques, économiques ou littéraires..., ce qui implique qu'entre la production de savoirs nouveaux et leur formatage pour des pédagogies actives, des articulations soient pensées, formalisées et proposées.

C'est là quelque chose de très complexe, car, simultanément, les champs se déplacent en termes de disciplines nouvelles ou/et associées.

Les normes de l'offre se déplacent elles aussi : les écoles de commerce puisent dans les viviers de « khâgneux », la médecine dans ceux des « prépas » : manque criant d'enseignants en maths... des filières dites « d'excellence », mais coûteuses (sciences économiques, etc.). Le mouvement actuel qui offre des débouchés aux élèves littéraires est sûrement dans le vrai : pour comprendre l'inconnu, sans doute faut-il avoir en résonance le permanent, les constantes humaines et les outils que donnent la littérature, l'anthropologie, l'histoire et l'art pour interpréter et gérer les mondes futurs.

Une tentation est celle de formations calquées sur l'offre supposée des entreprises, ce qui est en partie positif, traduisant un rapprochement entre l'entreprise et l'université (c'est l'idée de formation continue prônée par le rapport Germinet-Mandon). Mais elle présente également des risques évidents : si certains secteurs de la restauration, de l'entretien et... de l'informatique (par exemple) forment à leurs métiers existants, mais que, dans le même temps, les qualifications évoluent rapidement, la solution devient inappropriée. Reste qu'une analyse par branches et par secteurs est sans doute une des voies pertinentes.

Une marchandisation des « formations » sans que des critères d'opportunité ou de qualité soient produits est déjà à l'œuvre : comment les acteurs des champs économiques en quête de marchés n'investiraient-ils pas des sources de financement facile : par exemple, les villes ?

L'innovation érigée en doxa de la nouvelle société industrielle touche tous les secteurs et devient un moteur majeur de modes de vie différents ou sophistiqués (voir l'exemple des FabLabs attirés par le « *do it yourself* », qui finissent par produire jusqu'à des prothèses de main complexes. De nouveaux acteurs émergent qui ont besoin et envie de « faire » et s'approprient, ainsi, à travers lui, des techniques et des savoirs, tout en produisant des objets puissamment conçus. Des industries délocalisées se rapatrient (prothèses dentaires, par exemple).

Les « bacs professionnels » voient aussi se prolonger leur parcours par des formations nouvelles d'assistants-ingé-

nieurs (comme en propose l'École nationale supérieure des Arts et Métiers - ENSAM) et les « bricoleurs » sont récupérés par les grandes enseignes dans des ateliers dédiés. Certaines initiatives font penser qu'effectivement, de l'artisan à l'ingénieur, en passant par le *designer*, les rapprochements par les technologies se feront presque naturellement, enjambant les catégories traditionnelles.

La puissance de calcul serait-elle génératrice d'un monde nouveau et d'une culture nouvelle, systémique et s'appliquant à la planète tout entière, modifiant les conceptions actuelles du travail et de l'emploi et libérant des anciens réflexes de concurrence des territoires ?

Ou bien va-t-on voir se renforcer des groupes improbables, des amalgames convoqués par des spécificités locales (les ressources supplantant les valeurs, par exemple). Ou bien s'agit-il de trouver les moyens de mettre ces outils au service de tous en communiquant la maîtrise pour qu'ils valorisent un monde d'intérêts éparpillés (« Nous fabriquons les calculateurs qui, en retour, nous construisent » - Dominique Cardon).

Le « Former » est la clé de voûte d'une société fondée sur la connaissance. Des questions « politiques », juridiques, sont d'ores et déjà présentes : travail/emploi, chômage et redistribution, processus de digestion/métabolisation des informations, formalisations et diffusion des connaissances pratiques et théoriques, droit à la formation et assurances nouvelles, Code du travail (ubérisation et plateformes, autonomie et appartenances, porosité recherche/enseignement, espionnage et cybercriminalité des *data* externalisées et enjeux des progrès des sciences cognitives). Un traitement correct de ces questions ne peut pas reposer uniquement sur des constats et une gestion du présent. Une anticipation des avènements individuels, collectifs et internationaux est également indispensable.

La maîtrise du virtuel/réel par chacun est indispensable. Il est illusoire de croire que cette nouvelle ère pourra réussir sans des langages justes et des pensées structurées : les sciences humaines devront y occuper une place cardinale.

La question des fondamentaux est elle aussi essentielle : le numérique est, de fait, une culture de l'écrit. Or, il est encore traité, du fait de son immédiateté et de ses raccourcis, comme si c'était de l'oral, comme autant d'injonctions et d'approximations, de pressions, de nécessité impérieuse de décisions rapides esquivant la rigueur, la réflexion, l'analyse... La surabondance des messages conduit souvent à des survols erratiques, à des interprétations erronées ou abusives. Sans doute faut-il reprendre en compte la nature même de ce support pour en optimiser l'usage.

Il faut bien garder à l'esprit que les grands sujets humains restent les mêmes (santé, alimentation, habitat, climat, ressources), mais que les technologies nouvelles en bouleversent complètement les pratiques, les traitements, les relations, les apprentissages. Or, les nouveaux supports paraissent relier et homogénéiser, déhiérarchiser, mais, en révélant les différences de façon explicite et formalisée, ils complexifient et multiplient les enjeux, les rencontres,

renforcent les groupes et les idéologies, enrichissent aussi les démarches et les approches de recherche et les approches pédagogiques, et ils reposent la question de l'évaluation, déjà en amont, des savoirs.

Prodiguer des formations adaptées, refonder les moyens de le faire (recherches, repères, reconnaissances et identifications, nouveaux savoirs et nouveaux outils) est sans doute la seule vraie façon de protéger la liberté de chacun, de ne pas compromettre l'avenir de l'humanité, de privi-

légier l'expansion et le progrès démocratique et d'éviter l'échec annoncé d'un avenir préfiguré au travers des catégories du présent.

C'est parier sur l'appropriation et l'acculturation d'un avenir dont nous gardons maîtrise et développement, et que nous affronterons avec responsabilité et liberté, tant il est vrai que la transmission est - et restera - un des liens forts de l'intergénérationnel.

Comprendre et gérer la transition éducative

Par Philippe JAMET et Frédérique VINCENT
Institut Mines Télécom

Face aux évolutions de l'économie et de la société, le mot « disruption » est aujourd'hui sur toutes les lèvres. Les paradigmes traditionnels régissant l'organisation des entreprises et la création de valeur sont bouleversés par l'invasion du fait numérique, tandis que les déterminants du progrès et du bien-être sont questionnés par l'exigence du développement durable. Les sociétés sont, quant à elles, confrontées aux enjeux de la globalisation et de la diversité.

Les systèmes éducatifs supérieurs semblaient jusqu'à présent assez peu impactés par ces tendances : en dépit des innovations de la pédagogie à distance, dont les MOOCs offrent l'illustration la plus récente, les bancs des universités et des écoles demeurent bien garnis, et la pression concurrentielle, exacerbée par les classements internationaux, a laissé relativement indemnes des institutions universitaires encore solidement assises sur leurs clientèles traditionnelles.

L'organisation de l'enseignement universitaire telle que nous la connaissons semble avoir encore de beaux jours devant elle.

Mais cette impression est peut-être trompeuse : certaines transitions majeures déjà perceptibles [1] pourraient survenir dans un contexte qui leur est devenu favorable.

Nous faisons aujourd'hui le constat de l'existence d'un risque de décalage croissant entre, d'une part, l'organisation des formations supérieures et, d'autre part, les pressions du marché qui s'exercent sur elles aussi bien aux niveaux de la demande et de l'offre qu'à celui de leurs modèles économiques.

S'il veut pouvoir surmonter ces menaces potentielles, le système des formations supérieures doit se régénérer, tant par des changements de paradigmes que par des innovations pédagogiques.

Représentations et organisation de l'éducation

Les systèmes éducatifs, du scolaire au supérieur, varient d'un pays à l'autre et traduisent une diversité des politiques et des méthodes mises en œuvre. Il est ainsi des systèmes scolaires déterministes guidés par des programmes et des apprentissages obligés (celui de la France, par exemple) et, d'autres, qui, plus fluides et responsabilisants, sont davantage centrés sur l'épanouissement des personnalités et la culture de la créativité (à l'instar de celui de la Finlande).

Dans le supérieur, certains pays insistent sur la dimension professionnalisante (c'est le cas en Allemagne et en Suisse), alors que d'autres restent très attachés à l'émancipation par la connaissance.

Mais, en dépit de cette diversité, l'éducation répond à des principes fondamentaux universellement admis.

Représentations

Au sens le plus large de ce terme, l'éducation a pour but de permettre à tous égards une bonne insertion dans la société. Cette finalité constante a évolué en un ensemble de représentations sociales consensuelles, que l'on voit particulièrement à l'œuvre dans notre pays.

Premièrement, une fois acquise l'assimilation d'un cocktail de fondamentaux, l'éducation doit évoluer vers une formation à vocation professionnelle, c'est-à-dire vers l'acquisition utilitaire de compétences propres à assurer l'employabilité de ceux qui la reçoivent.

Deuxièmement, les chances d'accéder à un emploi gratifiant augmentent avec le niveau de formation.

Troisièmement, une éducation réussie se mesure à des diplômes érigés au double rang de distinction et de sésame pour l'emploi.

Dans cette représentation, la poursuite d'études dans l'enseignement supérieur, le plus loin qu'il est possible et

de préférence dans le meilleur établissement, devient le passage obligé de la réussite.

Poussées à l'extrême, ces représentations peuvent avoir pour effet le passage forcé dans l'enseignement supérieur de cohortes de jeunes dont une bonne partie va échouer, tandis que l'autre migrera vers les niveaux élevés de diplômes. La France, qui affiche à la fois un fort taux d'échec en licence et une pyramide inversée des diplômes professionnels (avec des Bac+5 plus nombreux que les Bac +2/3), apporte une illustration de ce type de dérive [2].

À cela, il faut ajouter qu'une priorité excessive accordée à l'insertion professionnelle produit naturellement des diplômés davantage adaptés au monde tel qu'il est qu'au monde tel qu'il sera - ou tel qu'il devrait être. Cette remarque est tout sauf anodine, dans un contexte d'emplois marqué par des transformations s'opérant à un rythme peu compatible avec l'inertie des systèmes éducatifs.

L'organisation universitaire

Ces représentations évoluent dans le cadre d'une géographie universitaire qui a elle-même tendance à se standardiser. Les politiques mises en place en France au cours de la décennie passée illustrent un mouvement mondial qui favorise l'émergence de pôles universitaires puissants aptes à prendre place dans une compétition à l'excellence toujours plus relevée. Le classement de Shanghai privilégie la recherche massive et de très haut niveau comme passage obligé dans cette course à l'excellence universitaire. Les ingrédients de ce paradigme inspiré d'un modèle conçu aux États-Unis entre 1860 et 1960 sont : la priorité accordée à la recherche, la massification des campus, une forte capitalisation et une organisation facultaire. L'écosystème universitaire se simplifie, se fonctionnalise et finit par perdre en diversité. À l'instar des politiques agricoles, les politiques universitaires font le choix d'un remembrement qui s'opère au profit d'une culture intensive très capitalistique, peu résiliente et peu évolutive.

Cette vision polarisée repose sur plusieurs axiomes :

- premièrement, l'excellence ne serait pas diverse, mais s'inscrirait au contraire dans un modèle dominant de référencements croisés entre pairs ;
- deuxièmement, une formation supérieure de qualité serait la conséquence naturelle d'une recherche de haut niveau ;
- enfin, troisièmement, ce qui a fait le renom des universités au cours des 150 dernières années demeurera valide pour le futur.

Or, ce sont précisément ces axiomes qui nous semblent être exposés à des déstabilisations majeures.

Menaces disruptives sur l'enseignement supérieur

Représentations à la vie dure, stratégies uniformisées, boulimie de ressources, faible manœuvrabilité... sont autant d'ingrédients qui vulnérabilisent les systèmes universitaires mondiaux. Nous identifions trois facteurs générateurs de risques, dans ce contexte.

Offre éducative : le Grand Schisme

L'alignement progressif de notre système universitaire sur le modèle des grands campus de recherche fait émerger une offre de formations polarisée, disciplinaire et peu flexible.

Paradoxalement, les publics étudiants apparaissent de plus en plus déconnectés de cette philosophie éducative [3]. Leur culture est en effet fondamentalement nomade, à tous égards [4] : ils affichent vis-à-vis des connaissances un comportement de « chasseurs cueilleurs », ils sont friands d'interactions en temps réel et d'expérimentations, et leurs modes de pensée, réticulaires et transversaux, s'écartent de plus en plus des canons d'une offre de formation déterministe et disciplinaire. Ce décalage croissant entre l'offre éducative et sa clientèle étudiante ouvre à de nouveaux acteurs éducatifs non conventionnels un espace exploitable [5].

Compétences : le Grand Soir

L'approche par la compétence qui fait actuellement florès dans les formations professionnelles supérieures présuppose un couplage optimal, en temps réel, entre les référentiels de compétence et les dynamiques à l'œuvre sur le marché du travail.

Tout va bien tant que ce rapport évolue de manière quasi-statique. Mais les difficultés commencent dès lors que des déterminants de l'emploi évoluent rapidement et radicalement : les experts sont de plus en plus nombreux à redouter des impacts majeurs de la digitalisation et des machines apprenantes sur l'organisation du travail et sur la définition même de ce qu'est l'emploi, même à haut niveau de qualification [5].

Ces analyses prospectives ne relèvent pas de la science-fiction. Ainsi, aux États-Unis, les salaires offerts au diplôme phare, le *bachelor*, ont diminué de 20 % en dollars constants au cours des dix dernières années [6], ce qui pourrait traduire à la fois un découplage entre compétences et métiers et une substitution des emplois salariés à ce niveau de diplôme par la numérisation de l'économie [7] [8].

Modèles économiques : le Grand Chambardement

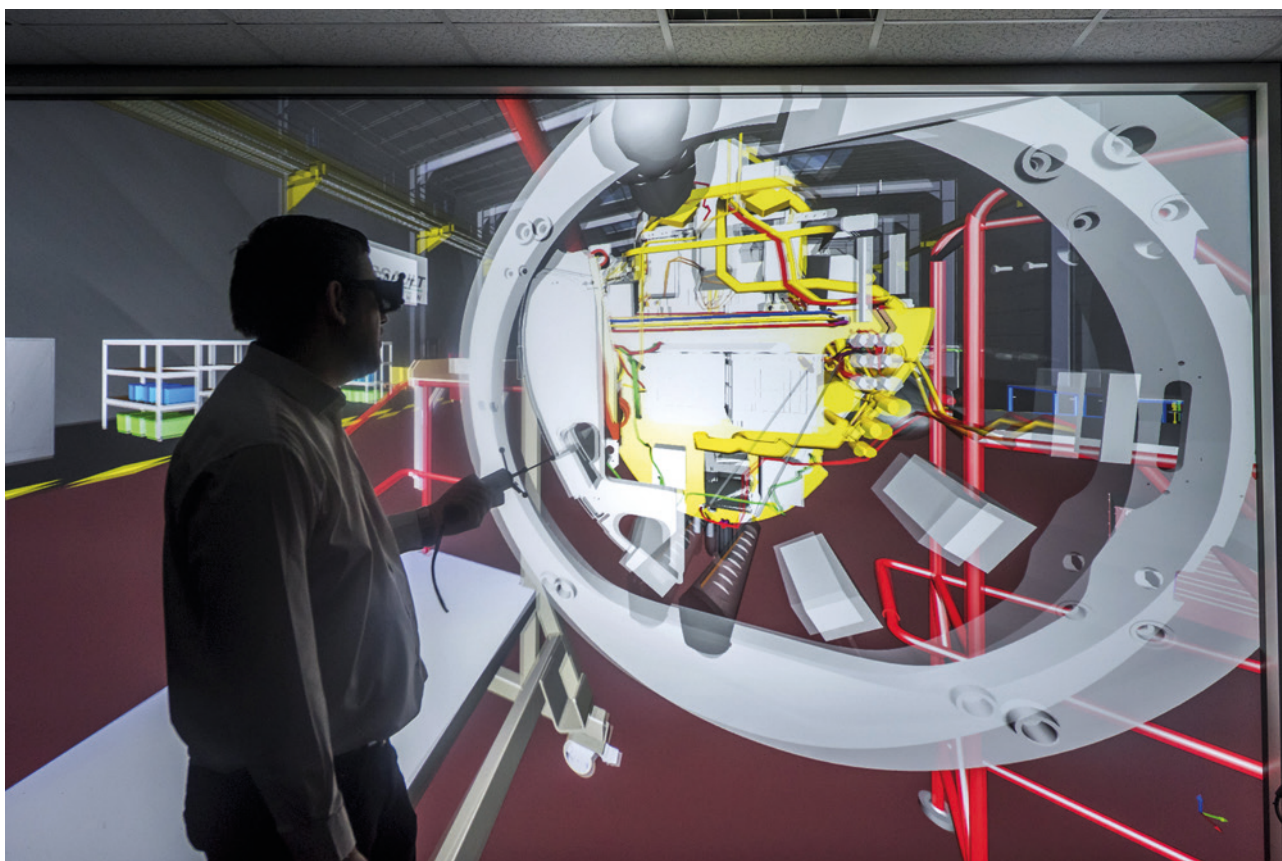
L'enseignement supérieur s'expose en outre au phénomène de la plateformisation.

La disponibilité de contenus pédagogiques numériques offerts par les meilleures universités, conjuguée au coût croissant des études, pose la question du consentement à payer des ménages pour une éducation présentielle dans une université réputée de moindre qualité.

Les MOOCs pourraient remettre en question le devenir d'universités de moyenne gamme [9]. Certes, tant la pédagogie que les modèles économiques des MOOCs n'ont pas encore atteint leur maturité. Mais la disponibilité massive de modules d'enseignement du meilleur niveau pourrait à terme induire une transition majeure de l'écosystème universitaire. En voici un scénario possible :

- a) une poignée d'universités de haute volée conçoit les MOOCs ;

Photo © Gilles Rolle/REA



Formation à la maintenance dans une salle de réalité virtuelle, Aérocampus Aquitaine, campus aéronautique et spatial.

« Le développement d'une pédagogie associant des experts académiques et des praticiens, s'appuyant sur des alternances entre supports numériques et activités présentes et articulant disciplines scientifiques et humanités, est le plus à même à favoriser l'émergence d'une culture de l'innovation [9]. L'école d'ingénierie à la française offre déjà une illustration de ces principes pédagogiques qui gagneraient à être adaptés et généralisés. »

b) des plateformes (« Uber-sitaires ») mettent en relation contenus et apprenants ;

c) des campus universitaires partiellement désertés se reconvertissent en plateformes présentes ouvertes à vocation tutorielle ;

d) des mentors « en maraude » interviennent sur ces plateformes ou en soutien individualisé.

Quelles nouvelles frontières pour le système éducatif ?

Loin de désespérer les responsables de l'enseignement supérieur professionnel que nous sommes, ces perspectives s'avèrent plutôt stimulantes. Elles nous poussent à renouveler nos pratiques et nos modèles.

Le système universitaire ne s'impose pas à la société ni à l'économie - pas plus qu'il n'a vocation à se montrer suiveur à leur égard ; les menaces qui le guettent appellent à accorder la priorité à des principes pédagogiques interactifs.

Des formations personnalisées

Les systèmes de formation doivent plus que jamais être dédiés à l'apprentissage de la capacité d'entreprendre et

de s'adapter, dans un environnement où s'estompent les repères traditionnels des compétences, des métiers et de la valeur.

Tout en étant de plus en plus conscientes des défis sociaux et environnementaux auxquels elles seront confrontées, les nouvelles générations étudiantes sont à la recherche d'un équilibre entre l'intérêt général et l'expression de leurs passions, dans un monde qu'elles ressentent à juste titre comme instable, mais aussi riche en opportunités. L'étudiant devient un entrepreneur individuel.

L'enseignement supérieur est, quant à lui, devenu un phénomène de masse. Il lui reste, à l'instar de l'industrie du futur, à relever le défi de la « customisation de masse », en offrant une éducation flexible et adaptable à des projets individuels.

Le développement d'une pédagogie associant des experts académiques et des praticiens, s'appuyant sur des alternances entre supports numériques et activités présentes et articulant disciplines scientifiques et humanités, est le plus à même à favoriser l'émergence d'une culture de l'innovation [9]. L'école d'ingénierie à la française offre déjà une illustration de ces principes pédagogiques qui gagneraient à être adaptés et généralisés.

Ouvrir l'espace et le temps

Le numérique et les nouvelles formes de pédagogie nous libèrent des contraintes spatiales de l'éducation et remettent en question un principe universitaire qui érige en dogme l'homothétie des infrastructures, des moyens éducatifs et des populations étudiantes.

Cette observation débouche sur des questions existentielles pour les universités :

- Pourra-t-on ainsi durablement continuer à ignorer l'impact majeur sur le développement de l'immobilier universitaire de la production contributive et coopérative de connaissances, du déploiement des supports d'enseignement à distance et de l'explosion des réseaux sociaux ?
- Les infrastructures physiques n'ont-elles pas, à terme, vocation à offrir à des communautés étudiantes élargies des lieux ouverts et fluides qui favorisent l'échange, l'interactivité, l'expérimentation et la création ?
- Les universités vont-elles demeurer des sanctuaires protégés, ou bien vont-elles parvenir à se concevoir comme des lieux socio-inspirés, comme des laboratoires en grandeur réelle des conditions de travail et des environnements sociétaux que rencontreront les étudiants ? Posée en 1968 sous l'angle de la liberté, cette question l'est aujourd'hui sous l'angle de l'innovation.

D'ores et déjà, les établissements d'enseignement supérieur comme certaines grandes écoles expérimentent des pratiques collectives, l'apprentissage par projet, la modélisation et le prototypage d'objets, la rencontre interdisciplinaire...

Il reste à savoir si ces pratiques cohabiteront durablement avec une éducation universitaire restée en France très majoritairement traditionnelle.

Enfin, l'incertitude qui pèse sur les métiers du futur transforme les repères de la formation initiale telle que nous la concevons dans la construction des compétences professionnelles : aux côtés des dimensions « espaces » et « contenus », la dimension « temps » va prendre une importance croissante dans l'éducation. De ce point de vue, tout reste à faire pour développer, notamment par des moyens numériques, une offre substantielle de formations continues capitalisables.

Cultiver de nouvelles proximités

Dans un futur éducatif où le numérique permettra un accès généralisé et à distance aux meilleurs savoirs, les lieux éducatifs pourront aussi jouer un rôle accru dans les interactions avec les territoires et les communautés locales [10] [11].

Si, comme certains le pensent [12], les territoires et les communautés sont appelés à jouer un rôle central dans l'économie d'un futur durable, il est important que les étudiants demeurent en prise avec le tissu socio-économique local, car il est à la fois source d'inspiration, d'expérimentation et d'innovation.

Une géographie de l'enseignement supérieur qui évoluerait exclusivement vers des mégapoles passerait largement à côté de ces enjeux.

Bibliographie

- [1] Presidential Innovation Lab, Signals and Shifts in the Postsecondary Landscape, American Council on Education.
<http://www.acenet.edu/news-room/Documents/Signals-and-Shifts-in-the-Postsecondary-Landscape.pdf>
- [2] Ministère de l'Éducation nationale et de l'Enseignement supérieur, Repères et références statistiques, 2015.
http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/67/6/depp_rers_2015_454676.pdf
- [3] Presidential Innovation Lab, The Students of the Future.
<http://www.acenet.edu/news-room/Documents/The-Students-of-the-Future.pdf>
- [4] ATTALI (Jacques), *L'homme nomade*, Fayard, 2003.
- [5] YOUNG (Jeffrey R.), *MIT Dean Takes Leave to Start New University Without Lectures or Classrooms*, The Chronicle of Higher Education, February 01, 2016.
<http://chronicle.com/article/MIT-Dean-Takes-Leave-to-Start/235121>
- [6] "The Future of Work", *MIT Technology Review*, Business Report, 2015
- [7] CAREW (Diana G), *Progressive Policy Institute*.
<http://www.progressivepolicy.org/issues/economy/young-college-grads-real-earnings-fell-in-2011/>
- [8] FORD (Martin), *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, Basic Books, 2015.
- [9] DENNIS (Marguerite), *The Impact of MOOCs on Higher Education, College and University*, vol. 88, n°2, pp. 24-30, Fall 2012.
- [10] "The NMC Horizon Report: 2016", Higher Education Edition.
<http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- [11] Portrait de l'École du futur, Grenoble École de Management, 2013.
<http://www.grenoble-em.com/actualite-portraits-de-lecole-du-futur-le-nouveau-livre-blanc>
- [12] « Demain », film de Cyril Dion et de Mélanie Laurent, César 2016 du meilleur film documentaire.

La formation : une dynamique collective pour l'industrie

Par Isabelle MARTIN

Secrétaire confédérale de la CFDT en charge des politiques industrielles et de la recherche

Les mutations économiques, technologiques et sociétales actuellement à l'œuvre s'accompagnent d'une profonde évolution des métiers, se traduisant certes par des destructions d'emplois, mais aussi par des créations.

Des études réalisées par le Conseil national de l'Industrie, il ressort que ce qui est en cause, ce n'est pas d'abord le système de formation initiale et continue, mais l'absence d'une vision stratégique et partagée des besoins à moyen terme de l'industrie en emplois, en compétences, en métiers, en savoir-faire et en matière de recrutement.

Il importe donc qu'au sein d'instances de concertation *ad hoc* (Conseil national de l'Industrie, Alliance Industrie du Futur...), toutes les parties prenantes (pouvoirs publics, acteurs industriels, salariés et leurs représentants...) se mobilisent afin de replacer la formation nationale et continue au cœur d'une ambition nationale de reconquête industrielle et d'identifier les leviers d'une politique transversale de renouveau des compétences industrielles en France, qui soit à la hauteur des enjeux (priorités des comités stratégiques de filière, plan Industrie du futur, solutions industrielles de la Nouvelle France industrielle, stratégie numérique, etc.). Une démarche d'anticipation et de partage stratégique qui doit contribuer à la compétitivité de long terme de l'industrie, au développement des activités et de l'emploi, et permettre des parcours et des transitions professionnels réussis.

Que l'on choisisse de l'appeler troisième ou quatrième révolution industrielle, l'ampleur et l'accélération des mutations économiques, technologiques et sociétales en cours dans l'industrie bousculent la capacité des acteurs publics, des acteurs économiques et des salariés à se projeter collectivement dans l'avenir, tant les incertitudes sont historiquement fortes.

Ces mutations vont s'accompagner d'une profonde évolution des métiers, et ce, à tous les niveaux de qualification (ouvriers, techniciens, ingénieurs...) et de compétence, détruire des emplois et en créer d'autres. La nature même de ces changements est encore floue.

Les industriels, les syndicats de salariés, les pouvoirs publics, les régions et les territoires vont donc devoir relever collectivement deux défis dans le domaine de la formation, qui se révèle comme un levier central pour réussir cette transformation de l'industrie.

Le premier de ces défis est notre capacité à faire évoluer les contenus des formations. Tout le monde a en tête la transformation numérique qui va toucher l'intégralité de la chaîne de valeur : la conception, la fabrication, la commercialisation des produits industriels, avec des imbrications de plus en plus importantes entre l'industrie et les services. Après le succès de la COP 21 qui s'est tenue à

Paris, il faut aussi parler de la transformation écologique de l'industrie et des solutions innovantes que celle-ci conçoit et propose à la société pour l'aider dans sa lutte contre le changement climatique. Cette transformation, c'est aussi adopter une approche transversale dans les services, par exemple, l'ingénierie, la logistique, les achats et la relation fournisseurs, le *marketing* et la relation clients.

Le second défi est celui de la mise en place, dans les territoires, d'une offre de formation initiale et continue qui soit à même de « produire » à temps les compétences dont le tissu industriel a et aura besoin. Le système éducatif, les acteurs de la formation continue et les régions ne peuvent y arriver seuls. En effet, cela demande que l'industrie soit mieux à même d'établir une vision à moyen terme de l'évolution de ses emplois et de ses besoins en compétences, ce qui est loin d'être évident.

C'est pourquoi le Conseil national de l'Industrie (CNI) a décidé de faire de la formation professionnelle une de ses priorités de travail. Son dernier rapport annuel ⁽¹⁾ en

(1) http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/conseil-national-industrie/Publications/Avis_et_rapports/CNI-Avis_formation_initiale_-_Octobre_2015vf.pdf

témoigne. Il en va de même de l'avis ⁽²⁾ qu'il a remis au gouvernement en octobre dernier, dans lequel il formule six recommandations pour nourrir la réflexion et l'action de toutes les parties prenantes de la relation formation/emploi et améliorer l'interaction entre le système éducatif et l'industrie en matière de formation initiale.

Cet avis a été nourri par le dialogue qui s'est établi au sein d'un groupe de travail du CNI associant des membres des comités stratégiques de filières (CSF), des responsables de formation dans les régions, des représentants de l'Éducation nationale et de l'Enseignement supérieur, de la direction générale des Entreprises et de la délégation générale à l'Emploi et à la Formation professionnelle, un groupe de travail qui s'est attaché à prendre en compte les ambitions, les objectifs et les contraintes de chacun.

Le diagnostic est parlant : **ce qui est en cause, ce n'est pas d'abord le système de formation initiale et continue, mais l'absence d'une vision stratégique et partagée des besoins à moyen terme de l'industrie en emplois, en compétences, en métiers, en savoir-faire et en matière de recrutement.**

Aujourd'hui, en France, personne n'a une vision globale des besoins en emplois industriels, des formations adaptées à développer et des effectifs à y inscrire. Ce constat peut paraître étonnant, alors qu'un nombre très important d'études, de rapports, d'expertises s'intéressent à cette thématique.

La diversité des méthodes, des horizons temporels, des objectifs pour la réalisation de ces études, tout comme la multiplication des instances de réflexion et de décision se traduisent par une opacité des relations formation/emploi.

Cela vaut tout autant pour la formation initiale, qui s'exerce dans une logique d'insertion, que pour la formation continue, qui, elle, s'inscrit dans une logique de sécurisation des parcours professionnels.

Ce n'est pas la volonté des acteurs qui manque ; la difficulté est dans l'impossibilité de disposer des outils et des espaces de dialogue partagés permettant de concilier et d'articuler entre elles l'offre de formation et la demande de compétences, dans une dynamique à la fois territoriale et sociale.

Parce que la formation est un enjeu crucial pour l'avenir de l'industrie, un processus de décision et d'action commun est à inventer : comment pouvons-nous l'impulser collectivement ?

Promouvoir une industrie « fabrique d'avenirs » et apporteuse de solutions : un choix de société et un projet collectif

Si le contenu et l'offre de formation sont à améliorer, encore faut-il que ces formations attirent les jeunes, filles comme garçons. Répondre aux besoins en compétences de l'industrie ne se fera pas sans changer collectivement le regard que la société, les jeunes, leurs familles et leurs enseignants portent sur l'industrie, sur son avenir en France, sur les conditions de travail et la diversité des métiers et des parcours professionnels.

Changer le regard que nous portons sur l'industrie, c'est valoriser son rôle dans la réponse qu'elle apporte aux besoins sociétaux. L'image de l'industrie est le plus souvent associée à la conception des produits qu'elle fabrique. Elle ne met pas suffisamment en avant les usages, les services, l'utilité sociale de ses produits et, de façon plus générale, son apport en tant qu'inventeur de solutions nouvelles dans tous les domaines.

L'image que renvoie la situation actuelle de l'emploi industriel reste elle aussi très contrastée : forte destructrice d'emplois, l'industrie reste pourtant, en 2014 et 2015, le premier secteur économique en matière de création d'emplois. Les difficultés de recrutement que de nombreuses filières affirment rencontrer aujourd'hui - même l'aéronautique n'y échappe pas, alors qu'elle bénéficie d'une image particulièrement positive - pourraient créer une situation critique dans laquelle la désindustrialisation du pays s'auto-entretiendrait par le manque de renouvellement des compétences et la disparition des savoir-faire : l'exemple du rebond de la filière textile, qui manque aujourd'hui de salariés formés pour pouvoir en bénéficier pleinement, est emblématique de ce point de vue.

Il est donc temps de tourner définitivement le dos à l'idée que l'on pourrait avoir une France sans industrie, sans usines - et des usines... sans salariés.

Le renouveau industriel ne se résumera pas à l'innovation technologique ou à l'investissement productif, aussi importants soient-ils. L'investissement social - les conditions et les moyens mis en œuvre pour anticiper les mutations industrielles et accompagner les jeunes et les salariés dans leurs parcours professionnels - est un facteur clé pour la montée en qualité de l'industrie.

Accroître de façon continue le potentiel d'innovation nécessite d'investir fortement dans l'éducation, les qualifications, les savoir-faire et les compétences, ainsi que dans la formation professionnelle. La R&D, tout autant que la démarche d'innovation, est étroitement liée à la capacité sociale globale produite par l'éducation, à la science, à la réflexion, à la recherche, à la découverte, à la coopération, à la conduite de projets...

Cette approche peut être au cœur d'un projet éducatif national et alimenter les réflexions sur les évolutions du système de formation initiale. La France bénéficie d'écoles et d'universités qui forment des ingénieurs et des scientifiques de grande qualité. **Mais ni le maintien de capacités de production industrielle performantes dans les différentes filières ni la construction de l'industrie du futur ne seront possibles sans disposer d'un enseignement technologique et professionnel qui soit à la hauteur des enjeux.**

Dès lors, à l'industrie de mettre en avant ses perspectives d'avenir en France, de valoriser ses métiers et ses parcours professionnels, d'améliorer son attractivité globale de faire connaître la réalité d'aujourd'hui des conditions de travail dans ses usines et ses lieux de production !

(2) http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/conseil-national-industrie/Publications/Avis_et_rapports/CNI-_Avis_formation_initiale_-_Octobre_2015vf.pdf

Aux politiques publiques de replacer la formation au cœur de leur ambition de reconquête industrielle et d'identifier, avec les acteurs industriels et les ministères concernés, les leviers d'une politique transversale de renouveau des compétences industrielles en France, qui soit à la hauteur des enjeux (priorités des comités stratégiques de filière, plan Industrie du futur, solutions industrielles de la Nouvelle France industrielle, stratégie numérique, etc.) !

Dans son rapport, le CNI propose l'élaboration d'une feuille de route de l'enseignement professionnel et technologique en co-construction avec toutes les parties prenantes et les instances concernées.

Faire vivre une démarche d'anticipation et de partage stratégique nourrie par un dialogue économique et social de qualité

Aucune transition, quelle qu'elle soit, ne s'improvise, ni se décrète d'en haut. C'est bien parce que nous ignorons pour une large part ce qui va se passer dans l'industrie

que nous avons besoin de préparer l'avenir dès maintenant et de construire collectivement une démarche d'anticipation : quels sont les choix qui s'offrent à nous ? Quels sont les scénarios et les chemins possibles ? Quelles sont les priorités ? Comment traiter les problèmes ensemble, dans le cadre de conflits de logique ?

Les difficultés ne doivent pas être sous-estimées. Parler d'anticipation, ce n'est pas parler de prévision, c'est se situer dans l'exercice des possibles. Cette dimension influe sur les processus de décision et présuppose un véritable exercice d'apprentissage de la coopération et de la confiance. La démarche d'anticipation implique une plus grande prise de risque, l'engagement des acteurs et une gouvernance adaptée. Elle passe par la construction d'une vision stratégique qui s'articule avec l'expérimentation et avec la mise en œuvre de solutions concrètes dans les filières, dans les territoires et dans les entreprises.

Depuis 2010, l'originalité du Conseil national de l'Industrie réside dans sa capacité à fédérer les acteurs afin de renforcer la solidarité au sein des filières, à dégager une vision partagée entre les pouvoirs publics, les fédérations industrielles et les organisations syndicales de salariés sur les enjeux industriels, et à faire naître de fortes convergences sur les actions à mener pour renforcer l'industrie en France.

Plus récemment, la création de l'Alliance Industrie du Futur devrait aussi contribuer à nourrir un véritable dialogue économique, stratégique et social - en particulier sur l'évolution des métiers, des compétences, de l'organisation du travail associée à la transformation numérique de l'industrie.

Enfin, la mobilisation au service de l'emploi et de la formation dans l'industrie a impérativement besoin d'une coopération active dans les territoires. Cette dynamique est réelle dans de nombreux bassins d'emploi et constitue une véritable opportunité de conforter l'ancrage territorial des activités, de soutenir le tissu des PME et des ETI et d'anticiper les transitions industrielles et professionnelles.

La transversalité et la transférabilité des compétences : une question clé adressée à l'industrie et aux systèmes de formation

Les transitions en cours bousculent les frontières entre les secteurs et les branches, l'industrie et les services...

Pour mieux qualifier leurs besoins en formations initiales et continues, les 14 comités stratégiques de filière existant au sein du CNI offrent un cadre fédérateur utile pour élaborer progressivement des « visions prospectives partagées des emplois et des compétences industrielles ». Cette action issue des recommandations du CNI et retenue par les ministères concernés va être déployée progressivement. L'enjeu en est de construire une méthodologie commune permettant non seulement de repérer les besoins transversaux et les besoins spécifiques en matière de formation, mais aussi de s'attacher en permanence à ce que les résultats de cette démarche soient appropriables et



Photo © SIFCOM/Ministère de l'économie

« Aux politiques publiques de replacer la formation au cœur de leur ambition de reconquête industrielle et d'identifier, avec les acteurs industriels et les ministères concernés, les leviers d'une politique transversale de renouveau des compétences industrielles en France, qui soit à la hauteur des enjeux (priorités des comités stratégiques de filière, plan Industrie du futur, solutions industrielles de la Nouvelle France industrielle, stratégie numérique, etc.) ! »

accessibles pour toutes les parties prenantes (entreprises industrielles de toutes tailles, partenaires sociaux, acteurs de la formation, territoires). Les entreprises « têtes de filière » auront une responsabilité particulière pour faire partager les grandes tendances de stratégie industrielle qui vont structurer l'évolution des métiers et des emplois de leur filière et donner de la visibilité aux PME.

Mais le Conseil national de l'Industrie a souligné fortement l'importance de l'organisation de la transversalité interfiliales et interbranches dans l'amélioration de la relation formation/emploi. Une majorité croissante des besoins en compétences sont en effet communs aux différentes filières. Réunir les besoins en compétences partagés par plusieurs filières permettra de valoriser des opportunités nouvelles en termes d'emploi et de carrières, et d'en renforcer ainsi l'attractivité auprès des jeunes. Le rapprochement devient alors une nouvelle façon de susciter la vocation de jeunes ou de moins jeunes souhaitant mettre leurs talents au service de l'une ou de plusieurs d'entre elles.

N'oublions pas qu'aujourd'hui, plus de la moitié des jeunes diplômés ne travaillent pas dans le secteur de leur formation initiale et que la mobilité au cours de la vie professionnelle va aller en s'accroissant.

La transversalité et la transférabilité des compétences constituent donc un enjeu croissant de la sécurisation des parcours professionnels et une réponse adaptée aux besoins des entreprises, des grandes comme des plus petites.

Cela d'autant plus que la formation initiale ne pourra pas tout solutionner, elle ne doit d'ailleurs pas s'y essayer. Il s'agit aussi de penser à une meilleure articulation avec la formation professionnelle continue, qui doit être davantage mobilisée pour améliorer sa réactivité et sa souplesse.

Ce qui justifie pleinement pour l'industrie d'engager un dialogue permanent avec les instances de concertation ou avec les instances paritaires en responsabilité du champ de l'emploi et de la formation au plan national, en particulier le CNEFOP ⁽³⁾ et le COPANEF ⁽⁴⁾ et, au niveau régional, les CREFOP ⁽⁵⁾ et les COPAREF ⁽⁶⁾, notamment, et avec les organismes de réflexion collective sur la relation formation/emploi (CNEE ⁽⁷⁾, par exemple).

L'investissement dans la formation : l'avenir du travail et de l'emploi - L'industrie du futur doit incarner une ambition sociale qui soit à la hauteur de l'ambition technologique

Dans son dernier rapport, le CNI revient sur les défis que devra relever le plan « Industrie du futur » : modernisation de l'outil de production, notamment des PME, et transformation numérique, repositionnement de leur offre, formation et accompagnement des salariés à l'évolution des métiers. Il alerte sur le fait que l'organisation et le contenu du travail, de même que les métiers, changent.

En effet, la digitalisation croissante, l'Internet des objets, la fabrication additive ; etc. et les nouveaux processus de contrôle ne modifient pas seulement la production, ils in-

teragissent aussi avec les processus de travail et avec les conditions du travail humain.

Le débat public donne beaucoup d'écho aux risques concernant le grand nombre des destructions d'emplois du fait de l'automatisation et de la robotisation. Remarquons toutefois que les projections sont tout à fait incertaines et qu'elles divergent très fortement en fonction des études et des experts.

Si ces risques appellent une vigilance forte de la part de tous les acteurs, les transformations de l'industrie sont aussi porteuses de réelles opportunités qu'il nous appartient de valoriser - à la condition absolue que le travail et l'emploi ne soient pas traités comme de simples variables d'ajustement dans un concentré d'innovations technologiques.

Ces opportunités pourront être mises à profit :

- tout d'abord, grâce à la poursuite résolue des objectifs de reconquête industrielle en France et de créations d'emplois,
- ensuite, en dessinant un « portrait-robot » de l'usine du futur qui fasse le choix du progrès, en mettant les opérateurs au cœur du processus de production, en prenant en compte le travail réel, en améliorant des conditions de travail dans la phase de conception et en contribuant au développement et au déploiement des nouvelles technologies.

Et si le principal potentiel d'innovation de l'usine du futur résidait d'abord dans la réouverture du champ des possibles pour inventer des compromis sociaux ambitieux entre stratégies d'entreprise, technologies et nouvelles conceptions du travail et de la production ?

Autrement dit, il convient de faire en sorte que l'industrie du futur soit l'occasion de se saisir différemment de la compétitivité - en reconnaissant que celle-ci se gagne à long terme sur le champ des compétences et des savoir-faire, de l'innovation, de la qualité, et en replaçant le travail au cœur de l'entreprise en tant que source fondamentale de création de valeur.

Bien maîtrisées, la digitalisation et les innovations technologiques peuvent et même doivent permettre de réduire les tâches pénibles ou peu ergonomiques et favoriser la création de nouvelles activités plus qualifiées. Leur appropriation collective suppose de prévenir la fracture numérique et technologique, que l'on mise sur le travail en autonomie et la qualité des coopérations et que l'on transforme les organisations productives en organisations apprenantes et collaboratives. Ce n'est plus une simple option dans une « économie de la connaissance » : les entreprises doivent (re)développer une véritable culture de

(3) Conseil national de l'emploi, de la formation et de l'orientation professionnelle.

(4) Comité interprofessionnel pour l'emploi et la formation.

(5) Comités régionaux de l'emploi, de la formation et de l'orientation professionnelles.

(6) Comités paritaires interprofessionnels régionaux pour l'emploi et la formation professionnelle.

(7) Conseil national Éducation Économie.

Photo © Lydie Lecarpentier/REA



POPPY, le robot humanoïde *Open Source* imprimable en 3D.

« Bien maîtrisées, la digitalisation et les innovations technologiques peuvent et même doivent permettre de réduire les tâches pénibles ou peu ergonomiques et favoriser la création de nouvelles activités plus qualifiées. Leur appropriation collective suppose de prévenir la fracture numérique et technologique, que l'on mise sur le travail en autonomie et la qualité des coopérations et que l'on transforme les organisations productives en organisations apprenantes et collaboratives. »

la formation tout au long de la vie et d'apprentissage en situation de travail en investissant massivement dans la formation.

Le lancement officiel de l'Alliance pour l'Industrie du Futur a été l'occasion d'affirmer officiellement cette priorité⁽⁸⁾ : « Au cœur de cette transformation, les femmes et les hommes qui concourent chaque jour à la grande aventure industrielle. Avec l'implication des partenaires sociaux et du Conseil national de l'Industrie (CNI), le capital humain et les enjeux de formation sont mis au cœur de ce projet désormais érigé en matrice de la Nouvelle France Industrielle (...). La montée en compétence des salariés de l'industrie et la formation des prochaines générations aux nouveaux métiers constituent la première condition du succès de l'Industrie du Futur. »

Cette priorité doit maintenant se concrétiser dans les travaux de l'Alliance, qui vient de se doter d'un plan de travail dans ce domaine autour de deux grands objectifs et qui associera le Conseil national de l'Industrie et les organisations syndicales de salariés.

- Le premier objectif sera d'identifier les métiers en évolution et les métiers émergents à tous les niveaux de qualification en intégrant l'impact des nouvelles technologies

« prioritaires » (digitalisation de la chaîne de valeur et Internet des objets, automatisation et robotique de *process*, fabrication additive, *monitoring* et contrôle, composites et nouveaux matériaux, assemblage, cobotique et réalité augmentée). Ce qui devrait permettre de structurer des visions concrètes des métiers et des opérations industrielles par grande fonction de la chaîne de valeur.

Il s'agira ensuite de traduire cette approche en cahier des charges de compétences nouvelles selon des modalités répondant aux besoins des acteurs du système de formation initiale et continue, puis de cartographier les besoins en nouvelles offres de formation (création de nouveaux cursus, rapprochements entre des formations existantes...) en lien avec les filières qui travaillent déjà sur le sujet, et ce, en tenant compte d'une approche territoriale.

- Le second objectif sera de comprendre le changement du contenu et de l'organisation du travail à partir d'une analyse des évolutions des situations de travail concrètes dans des entreprises industrielles déjà fortement enga-

(8) http://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/industrie-du-futur_dp.pdf

gées dans cette transformation numérique. Cette approche de terrain devra permettre d'associer pleinement les salariés et leurs représentants à cette démarche.

Ce plan de travail pour pouvoir déboucher sur des résultats concrets devra être soutenu par une dynamique de coopération et de partenariats, d'abord, entre les entreprises elles-mêmes pour favoriser la mise en commun et le partage de savoirs, de connaissances, de compétences, d'expériences, d'équipements industriels (par exemple, des plateformes et centres de compétences mutualisés et ouverts pour la formation) et, ensuite, entre le monde économique et le monde de la formation et de

la recherche. La collaboration avec les régions - qui soutiennent le déploiement de l'usine du futur dans leurs territoires - sera indispensable sur ce volet.

Les mutations rapides de l'économie, alliées aux évolutions récentes apportées au cadre législatif et réglementaire en matière de formation, obligent les acteurs à réinterroger leurs visions et leurs pratiques.

C'est là une formidable opportunité pour accélérer la convergence entre l'ensemble des acteurs au bénéfice de la compétitivité de long terme de l'industrie, du développement des activités et de l'emploi, ainsi que de parcours et de transitions professionnels réussis.

Les STEM jobs (métiers scientifiques et technologiques) et le développement de l'industrie

Par Christian MARGARIA et Bruno VERLON
Conseil général de l'Économie

Les sciences et technologies de l'ingénieur jouent à l'évidence un rôle clef dans la compétitivité des pays développés. Les questions de l'adéquation des compétences acquises par les diplômés aux attentes des entreprises et de celle des effectifs de diplômés justifiant d'un niveau de qualification donné aux besoins de recrutement d'un secteur d'activité donné sont en effet cruciales. En France, toutes les statistiques le montrent, il n'y a pas globalement, à court terme, de risque de pénurie de techniciens et d'ingénieurs. Par contre, les recrutements sont sous tension dans certains secteurs et à moyen et long terme notre pays risque fort de ne disposer que d'une très faible fraction du vivier mondial des talents.

Le monde de l'entreprise souffre par ailleurs d'un déficit d'information auprès des jeunes : il est essentiel de généraliser les contacts entre le système éducatif et les filières industrielles pour que celles-ci puissent à nouveau « faire rêver ».

Les sciences et technologies de l'ingénieur jouent un rôle clef dans la compétitivité des pays développés comme dans la formation des cadres de l'industrie. Dans le contexte de leurs propres réflexions sur le sujet, les pays anglosaxons désignent ces disciplines sous l'acronyme STEM, qui renvoie à la fois aux principales thématiques du domaine (*sciences, technology, engineering, mathematics*) et au sens du mot anglais *stem*, qui signifie souche, puisque ces disciplines sont au fondement de l'innovation et de la compétitivité.

La situation, si l'on prend en considération le nombre d'étudiants et de diplômés en sciences et technologies de l'ingénieur, diffère fortement selon les pays. Ainsi, les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni et d'autres pays occidentaux souffrent à l'évidence depuis plusieurs années d'un déficit de vocations scientifiques et technologiques qui fragilise leur développement industriel et technologique et qui les conduit à développer des politiques publiques visant à attirer des étudiants vers le métier d'ingénieur.

En Allemagne, l'industrie n'arrive pas à satisfaire ses besoins en main-d'œuvre qualifiée et cherche à renforcer son potentiel, en particulier d'ingénieurs docteurs, en favorisant l'immigration de tels profils depuis les pays situés en périphérie de la zone euro.

La Suisse a, quant à elle, développé l'*apprentissage dual* qui est bien plus qu'une simple alternance entre forma-

tion et emploi. Il s'agit plus précisément d'une fertilisation croisée entre expérience industrielle et apprentissage scolaire à laquelle coopèrent étroitement les associations professionnelles et les autorités publiques fédérales et cantonales. Cette politique volontariste a pour effet que 70 % des jeunes Suisses optent pour l'apprentissage et que 90 % d'entre eux trouvent un emploi dans les six mois suivant l'obtention de leur diplôme.

Aux États-Unis, l'initiative *Educate to Innovate*, qui a été lancée fin 2009, est fondée sur le fait que ce pays ne pourra pas préserver sa capacité d'innovation si ses formations scientifiques et technologiques restent réservées à une minorité. Cette initiative vise à rendre les études dans ces domaines accessibles à un plus grand nombre de personnes, à les promouvoir auprès de celles et ceux qui s'y engageaient peu auparavant et elle mobilise à cette fin les efforts du gouvernement fédéral, mais aussi ceux des grandes entreprises, des organismes sans but lucratif et des sociétés savantes. Au total, plus de 700 millions de dollars ont été affectés à cette initiative et plus de cent chefs d'entreprise ont été mobilisés avec l'ambition, entre autres, de former plus de 100 000 professeurs au cours des dix prochaines années.

En France, en revanche, où les formations d'ingénieurs ont conservé un attrait certain, le poids des formations scientifiques dans l'ensemble de l'enseignement supérieur a gagné plus de deux points en dix ans pour atteindre

33 % en 2014. Le nombre des étudiants en formations scientifiques a en effet progressé plus rapidement que celui des étudiants de l'enseignement supérieur pris dans son ensemble. Cependant, cela tient essentiellement aux formations dans le domaine de la santé et à la filière des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE), parmi lesquelles les écoles d'ingénieurs. Hors formations dans le domaine de la santé, le poids des formations scientifiques n'a que faiblement progressé depuis 2004 (moins de 1 %), alors que les classes préparatoires et les écoles d'ingénieurs ont vu leurs effectifs augmenter de près de 40 % en dix ans.

Pourtant, en dépit de cet accroissement quantitatif manifeste, la situation pose question, car si certains éléments permettent de penser que le nombre de diplômés répond globalement à la demande, certaines filières signalent pourtant régulièrement l'existence d'une pénurie d'ingénieurs. En outre, le développement des nombreuses *start-ups* qui émergent en France dans le secteur du numérique dépend directement du nombre et de la qualité des jeunes cadres présentant des profils STEM : des ingénieurs, certes, mais aussi, plus largement, des diplômés des filières universitaires et de jeunes docteurs en ingénierie.

La ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement et de la Recherche, le ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique et le secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche souhaitent disposer d'éléments de réflexion stratégique afin de pouvoir définir une politique de moyen-long terme.

À cette fin, une mission conjointe a été confiée, à la rentrée 2015, à l'Inspection générale de l'Éducation nationale (IGEN), à l'Inspection générale de l'administration de l'Éducation nationale et de la Recherche (IGAENR) et au Conseil général de l'Économie (CGE).

Le présent article fait un premier point sur le sujet à partir d'une première revue de littérature internationale et d'entretiens menés avec des représentants du monde de l'entreprise.

En France, toutes les statistiques disponibles convergent : il n'y pas globalement, du moins à court terme, de risque d'une pénurie d'ingénieurs ou de chercheurs scientifiques. C'était d'ailleurs la position de Mme Geneviève Fioraso, alors ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, en réponse à la question d'une députée : « Selon un certain nombre d'études, l'hypothèse d'un déficit en élèves ingénieurs peut être invalidée ». Ce constat est partagé par l'Association des ingénieurs et scientifiques de France (IESF), qui note que le taux d'insertion des jeunes est en recul : 70 % des diplômés de 2012 ayant trouvé un emploi dans les six mois suivant leur sortie de formation, contre 80 % pour la précédente promotion.

Si l'on se réfère aux indicateurs 2015 publiés par la direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES) du ministère du Travail, la situation est néanmoins contrastée : si ce taux est en baisse pour le bâtiment, il est en revanche en hausse pour les industries de *process*, l'électronique, l'informatique, les télécoms,

les transports, la logistique et les services. L'enquête Besoin en main-d'œuvre 2015 réalisée par Pôle emploi ne fait certes apparaître aucun emploi scientifique et technique dans la liste des métiers rassemblant le plus grand nombre de projets de recrutement ou dans celle des quinze métiers les plus recherchés. Ces derniers sont en effet « masqués » par les métiers saisonniers et ceux de la restauration et de l'hôtellerie. Par contre, l'analyse détaillée des projets de recrutement dans les métiers scientifiques et techniques (hors professions de la santé) fait ressortir clairement des difficultés marquées, en particulier pour la quasi-totalité des ingénieurs sauf ceux des filières agronomiques et agricoles et des techniciens (sauf ceux des branches électricité et électronique).

La situation dans le secteur informatique est quelque peu particulière : elle donne lieu à débat entre le syndicat professionnel (Syntec numérique) et l'association professionnelle des métiers du numérique (Munci). Pour cette dernière, qui appuie son raisonnement sur le fait que 18 000 jeunes diplômés arrivent chaque année sur le marché du travail pour un peu plus de 15 000 créations nettes d'emplois, la « pénurie d'informaticiens » relèverait largement du mythe non seulement en France, mais également au Royaume-Uni, aux États-Unis et en Australie, et, dans une moindre mesure, en Allemagne. Il existerait en revanche une certaine inadéquation des profils à la demande et les « pénuries » seraient limitées à certains créneaux bien précis, comme les grands systèmes.

À moyen et long terme, la situation semble différente. Christian Lermieux, alors président de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs (CDEFI) assurait ainsi : « Il manque 4 500 diplômés par an. En 2017, il faudra en former 6 500 de plus, et 13 000 en 2022, compte tenu des départs en retraite et de la croissance de l'activité ». De son côté, l'OCDE indique que si les pourcentages de diplômés des domaines des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques se maintiennent à leur niveau actuel, la Chine et l'Inde représenteront à elles seules en 2030 plus de 60 % du vivier des talents des pays de l'OCDE et du G20 dans ces domaines. En y ajoutant le Brésil, la Fédération de Russie, l'Indonésie et l'Afrique du Sud, on peut estimer en outre que ces pays (que l'on regroupe sous l'acronyme BRICS) produiront les trois quarts du vivier mondial de talents dans les domaines précités et que l'Europe et les États-Unis seront loin derrière, avec respectivement 8 % et 4 % (la France n'occupant, en Europe, que la troisième place derrière l'Allemagne et le Royaume-Uni).

Sur un autre plan, le monde de l'entreprise et de l'industrie et leurs métiers souffrent d'un déficit d'information criant auprès des jeunes, non seulement avant le bac mais aussi en classes préparatoires... En effet, les élèves ne choisissent pas leur filière et leur orientation en se projetant vers un métier, mais en fonction de leur niveau scolaire et d'une stratégie visant à « garder le plus de portes ouvertes pour l'avenir ». Cela les amène, sous la pression forte de leurs parents et des membres des équipes éducatives, à privilégier les filières générales (si possible un bac S), puis à suivre des études supérieures longues.



Photo © Pascal Sittler/REA

L'espace CEFIPA (Centre supérieur de formation par l'apprentissage) lors des 2^{èmes} rencontres nationales organisées par l'association « Nos quartiers ont du talent » au Carrousel du Louvre.

« Depuis les années 2000, les écoles d'ingénieurs ouvrent des filières de formation par alternance permettant de préparer le diplôme par la voie de l'apprentissage. »

Les contacts entre les enseignants du secondaire et les professionnels des entreprises sont très limités malgré quelques initiatives ponctuelles intéressantes. En outre, dans les régions économiquement sinistrées, l'entreprise (et plus particulièrement l'entreprise industrielle) a une très mauvaise image : elle y est synonyme de restructuration, de plan social et de chômage. Pour que les entreprises industrielles réussissent à nouveau à nous « faire rêver », il est essentiel de généraliser les contacts entre les collèges, les lycées et les entreprises locales, et de multiplier les initiatives permettant de valoriser l'image de la technologie et l'apport des entreprises de production, notamment en matière d'innovation.

Ce contact avec les entreprises est considéré par les grandes écoles, et parmi celles-ci par les écoles d'ingénieurs, comme leur « marque de fabrique ». Elles ont en effet depuis plusieurs années intégré à leurs formations des stages en entreprise qui représentent au global près du tiers de la durée des « cycles ingénieur ».

Par ailleurs, des professionnels interviennent dans leurs enseignements « d'application » et les entreprises sont présentes dans leurs instances de gouvernance et de réflexion pédagogique ou stratégique. Cette grande proximité permet aux grandes écoles et aux écoles d'ingénieurs d'intégrer les grands enjeux que sont les transitions

énergétique et numérique, l'accélération des mutations économiques, les indispensables capacités d'adaptation et d'évolution des employés et une nouvelle organisation du travail horizontale, et non plus pyramidale, qui induit de nouvelles façons de travailler. Leurs formations sont donc jugées très satisfaisantes par les recruteurs, mais il est essentiel pour les écoles de veiller à faire évoluer en permanence leurs enseignements et leurs méthodes pédagogiques afin de préparer les futurs ingénieurs aux défis qu'ils devront relever.

La recherche a également permis aux grandes écoles de nouer des contacts avec les grands groupes et les entreprises de taille intermédiaire (ETI), facilitant ainsi les relations entre les enseignants chercheurs et le monde industriel. Ces échanges sont moins développés avec les PME, qui, pour la majorité d'entre elles, sont moins ancrées dans la recherche et le développement. Pour compenser cet état de fait et favoriser le rapprochement entre l'enseignement supérieur et les PME qui constituent la majorité du tissu économique national, la Conférence des grandes écoles a signé une convention avec le Mouvement des entreprises de France (Medef) permettant à plusieurs PME de s'associer pour financer une chaire d'enseignement.

Depuis les années 2000, les écoles d'ingénieurs ouvrent des filières de formation par alternance permettant de

préparer le diplôme par la voie de l'apprentissage. Au-delà de l'intérêt pédagogique des modes de formation correspondants, c'est aussi l'opportunité, pour des étudiants ayant suivi une filière technologique courte (DUT ou BTS) et ayant envie de poursuivre leurs études, d'intégrer une grande école en bénéficiant de modalités de recrutement et d'une pédagogie adaptées à leur profil.

Actuellement, 14 % des diplômés des écoles d'ingénieurs sont issus des filières « apprentissage », mais les dernières réformes de la taxe d'apprentissage pourraient entraîner une diminution très sensible des recettes correspondantes. Par ailleurs, la stagnation globale des montants consacrés par les régions à l'apprentissage (tous niveaux confondus) se traduit par une compétition entre l'apprentissage « traditionnel » et l'apprentissage « dans l'enseignement supérieur », qui avait fortement crû ces dernières années, mais qui risque aujourd'hui de subir un ralentissement de sa progression, voire une stagnation, si ce n'est même une régression.

Les grandes écoles ont également mis en place des filières de formation continue qualifiante ou diplômante, mais celles-ci peinent à se développer, car elles apparaissent plaquées sur les formations destinées aux étudiants et ne sont pas toujours adaptées aux besoins particuliers de cadres en recherche de reconversion ou d'acquisition de nouvelles compétences. En d'autres termes, les écoles doivent apprendre à faire du « sur-mesure » et à offrir des menus de formation à la carte tenant compte des acquis préalables des stagiaires. En outre, la démarche relève souvent de l'initiative individuelle d'un cadre qui veut progresser et non de l'initiative d'une entreprise souhaitant l'inscrire dans sa gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC).

Sur ce terrain de la GPEC, le Conseil national de l'Industrie a initié une démarche de réflexion partenariale (employeurs-syndicats) innovante qui va s'appuyer sur une expérimentation dans deux secteurs, dont l'automobile. Il s'agit d'aider les filières à avoir une vision prospective des emplois et compétences de demain, qui soit partagée par les responsables d'entreprise et les représentants des salariés. L'objectif est de définir une méthodologie applicable aux diverses filières pour leur permettre d'identifier leurs besoins transversaux et communs, d'une part, et leurs besoins spécifiques, d'autre part. Dans chaque branche, cette démarche devrait permettre de définir de façon partenariale les blocs de compétences nécessaires et de les traduire dans un programme de formation. Cette

vision partagée pourrait ensuite servir de base aux discussions avec les professionnels de l'éducation.

Dans les écoles d'ingénieurs, les taux d'insertion dans la vie professionnelle restent très élevés, puisque près de 80 % des élèves ont trouvé un emploi moins de six mois après leur sortie d'école, certains d'entre eux étant même embauchés pendant leur projet de fin d'études, même si leur prise de poste n'est effective qu'après l'obtention de leur diplôme. Par ailleurs, dans un contexte économique difficile où la tendance sur le plan salarial est baissière pour les cadres de niveau Bac+5, si le salaire d'embauche des ingénieurs stagne, il ne recule pas en revanche.

Les représentants des différentes filières industrielles que nous avons rencontrés considèrent que si le chiffre global des recrutements devrait baisser dans les années à venir, le nombre des techniciens recrutés devrait, quant à lui, augmenter (et celui des ingénieurs encore plus). Leur vrai sujet de préoccupation (en particulier à l'Union des industries de la mécanique et de la métallurgie - UIMM) concerne les formations Bac+2 (DUT et BTS) et Bac+3 (licences professionnelles) qui perdent peu à peu leur vocation de préparation à l'insertion dans la vie active pour se transformer en tremplins vers un Bac+5. Pour certains BTS, le pourcentage d'étudiants diplômés choisissant de poursuivre leurs études est en effet de plus de 50 %. Il y a là une vraie difficulté, car cette possibilité de poursuite des études dans l'enseignement supérieur long est un facteur de promotion sociale auquel tiennent énormément, à juste titre, notamment les jeunes des lycées techniques et professionnels. Pour inverser la tendance, il faudrait rendre l'entrée directe dans la vie active plus intéressante et plus motivante, et montrer qu'il existe dans les entreprises des perspectives d'évolution de carrière (voire de retour dans le système éducatif pour préparer un diplôme qui sera ensuite valorisé par l'employeur).

Les fédérations professionnelles avancent que de telles perspectives existent réellement, notamment dans les grandes entreprises, mais qu'elles sont encore méconnues.

Cette appréciation qualitative, qui, à ce stade, ne s'appuie pas sur des données chiffrées, mériterait d'être étayée pour pouvoir être validée. En tout cas, il y a bien un problème d'image ou de perception de la réalité qu'il serait important de corriger vis-à-vis des jeunes (et ce, dès le collège ou dès le début du lycée) et de leurs parents, mais aussi vis-à-vis des membres des équipes éducatives.

Former pour l'avenir : le rôle joué par le programme Erasmus+

Par Elena TEGOVSKA

Direction générale Éducation et Culture, Commission européenne

À travers les différentes actions qu'il propose, le programme européen Erasmus+ influence directement notre société européenne, ses étudiants, ses institutions d'enseignement supérieur et ses entreprises.

S'appuyant sur les priorités politiques telles que définies dans la stratégie de modernisation des systèmes d'enseignement supérieur en Europe, Erasmus+ soutient les établissements d'enseignement supérieur (EES) en les aidant à définir et à développer des formations qui correspondent aux besoins économiques et sociétaux de demain. En participant à des projets de coopération avec des entreprises ou avec des partenaires internationaux, les universités européennes se modernisent, élargissent leur offre et s'adaptent aux nouveaux besoins de la société, s'assurant ainsi de proposer des formations qui soient attrayantes à la fois pour leurs étudiants et pour les employeurs.

Erasmus+ influence également la vie de milliers d'étudiants qui partent à l'étranger pour effectuer une partie de leurs études. Cela leur permet non seulement d'améliorer leurs compétences en langues étrangères et de développer une plus grande conscience interculturelle, mais également d'acquérir des compétences transversales recherchées par plus de 90 % des entreprises, comme la capacité à s'adapter rapidement aux changements et aux situations nouvelles, à résoudre des problèmes, à travailler en équipe, à faire preuve d'esprit critique et à communiquer de manière plus efficace ⁽¹⁾.

Erasmus+ en trois mots clés : formation, ouverture d'esprit et impact

La globalisation, les crises économiques et les avancées technologiques rendent notre monde plus volatile et plus incertain. Face à cette source de complexité et d'incertitude croissante, la formation des jeunes européens joue un rôle fondamental en leur permettant de s'adapter aux grands changements technologiques et sociétaux en cours et à venir. Les politiques de formation se doivent de réagir et de s'assurer qu'elles préparent mieux nos étudiants au monde de demain.

Entre son lancement, il y a près de 30 ans, et la fin de l'année académique 2013-14, le programme Erasmus a apporté son soutien à 3,3 millions d'étudiants. Si le programme a commencé avec la mobilité des étudiants, il s'est étoffé au fil des années pour offrir aux étudiants la possibilité de suivre des stages, favoriser les mobilités du personnel universitaire et développer des projets de coopération.

Le programme Erasmus+ vise essentiellement à mieux préparer les jeunes Européens à affronter les défis du

futur en développant l'ouverture d'esprit de deux millions d'étudiants supplémentaires, qui seront ainsi mieux équipés pour construire une société plus innovante et plus compétitive, mais aussi plus cohésive - et en leur permettant de s'ouvrir à d'autres cultures et de promouvoir ainsi nos valeurs citoyennes. En effet, au cours de ces deux années d'existence du programme, le contexte politique a beaucoup évolué.

Faire face au chômage des jeunes reste l'objectif essentiel, mais ce n'est plus le seul. Après les attentats terroristes qui ont frappé des pays européens, nous devons nous assurer que nos systèmes d'éducation sont bien adaptés pour répondre à de telles situations qui rendent nécessaire l'acquisition de valeurs, de connaissances et de compétences sociales, civiques et interculturelles dans toutes les disciplines.

(1) Facts and figures 2013/2014 : http://ec.europa.eu/education/library/statistics/erasmus-plus-facts-figures_en.pdf

Nos systèmes éducatifs doivent également être plus inclusifs afin de bénéficier à des étudiants issus de tous les milieux sociaux. Pour faire face aux défis actuels et faciliter l'intégration de personnes ayant fui leur pays d'origine pour échapper à la guerre, l'éducation a un rôle moteur à jouer en promouvant l'inclusion sociale. Erasmus+ peut être un catalyseur essentiel dans la mise en œuvre de cette vision.

La modernisation des systèmes d'enseignement supérieur en Europe pour mieux préparer l'avenir

L'enseignement supérieur et ses liens privilégiés avec la recherche et l'innovation jouent un rôle fondamental dans les progrès des individus et de la société, ainsi que dans la formation de citoyens plus impliqués, dont l'Europe a besoin pour créer des emplois, de la croissance économique et une société plus inclusive ⁽²⁾.

Dans sa stratégie de modernisation des systèmes d'enseignement supérieur en Europe ⁽³⁾, la Commission européenne a souligné la nécessité d'offrir aux étudiants plus de possibilités d'acquérir des compétences en se formant à l'étranger. Dans ce contexte, l'Union européenne s'est fixé pour objectif d'atteindre au moins 20 % d'étudiants partis en mobilité d'ici à la fin de la décennie.

Le programme Erasmus+ a été conçu pour répondre aux objectifs principaux de l'agenda de la modernisation des systèmes d'enseignement supérieur, tels que l'augmentation du nombre de diplômés de l'enseignement supérieur (l'objectif étant d'atteindre au moins 40 % de jeunes européens titulaires d'un diplôme de l'enseignement supérieur d'ici à la fin de la décennie - contre 33,6 % en 2010), l'amélioration de la qualité et de la pertinence du développement du capital humain dans l'enseignement supérieur, la création de mécanismes efficaces de gouvernance et de financement, et le renforcement du triangle de la connaissance formé de l'éducation, de la recherche et des entreprises.

Depuis 2011, ces objectifs ont fourni un cadre politique et stratégique pour le secteur de l'enseignement supérieur au niveau européen. Aujourd'hui, la Commission européenne travaille à l'adaptation de cette stratégie afin de s'assurer que celle-ci demeure pertinente et qu'elle puisse aider à maintenir l'élan de la coopération européenne dans l'enseignement supérieur. Plusieurs actions prioritaires ont été identifiées, comme améliorer la pertinence et l'impact de l'apprentissage et de l'enseignement, aider les établissements d'enseignement supérieur à devenir des innovateurs régionaux clés, s'assurer que les activités d'éducation et de recherche au sein de l'enseignement supérieur se renforcent mutuellement.

Afin d'adapter au mieux ce programme, la Commission européenne vient de clore une consultation publique, dont les résultats seront intégrés dans l'exercice en cours. L'objectif est de recueillir les avis des principales parties prenantes sur la situation actuelle des systèmes d'enseignement supérieur en Europe, ainsi que sur leurs priorités en matière de changement.

Les plus d'Erasmus+

Pour se donner les moyens de ses ambitions et pour soutenir les établissements européens d'enseignement supérieur, la Commission européenne a mis en place un programme unique et intégré, le programme Erasmus+.

D'une durée de sept ans (2014-2020) et intégrant l'éducation, la formation, la jeunesse et le sport, ce programme est doté d'un budget de 14,7 milliards d'euros, cette augmentation de 40 % du budget alloué par rapport à la période précédente témoigne de la volonté de l'Union européenne d'investir dans ces différents domaines clés. Erasmus+ a vocation à offrir à plus de 4 millions d'Européens la possibilité d'étudier, de se former, d'acquérir une expérience professionnelle ou de travailler comme bénévoles à l'étranger.

À travers ses trois actions clés (mobilité des individus, coopération pour l'innovation et l'échange de bonnes pratiques et soutien à la réforme des politiques), Erasmus+ vise à améliorer l'acquisition de compétences professionnelles et transversales (en particulier, d'un esprit d'entreprise, de compétences sociales, civiques, interculturelles et linguistiques, d'un esprit critique, de compétences numériques) et l'éducation aux médias.

Engagé dans sa deuxième année, Erasmus+ produit déjà des résultats prometteurs : un taux de reconnaissance plus élevé des crédits ECTS (système européen de transfert et d'accumulation de crédits) obtenus par les étudiants à l'étranger, une mobilité accessible à un plus grand nombre d'étudiants et de plus grande qualité se caractérisant par une meilleure préparation linguistique, ainsi que par l'acquisition de compétences plus pertinentes au regard des exigences du marché de l'emploi ⁽⁴⁾. Un diplômé qui a participé à un échange Erasmus réussit nettement mieux sur le marché de l'emploi en comparaison avec un diplômé qui n'a pas effectué une telle mobilité.

Sur ce plan, le plus d'Erasmus+ se caractérise non seulement par la quantité - plus de mobilité, plus de projets, plus de collaborations entre les universités et les entreprises, plus d'ouverture à l'international -, mais aussi, incontestablement, par la qualité. L'accent est fortement mis sur l'impact que le programme a tant au niveau des individus qu'au niveau des établissements d'enseignement supérieur (EES), et plus globalement des systèmes européens d'enseignement supérieur.

Plus de mobilité

En 2013-2014, la mobilité des étudiants a représenté environ 80 % du budget annuel d'Erasmus. Durant l'année académique 2013-14, 272 497 étudiants sont allés dans

(2) http://ec.europa.eu/education/policy/higher-education/index_en.htm

(3) COMM (2011) 567 final : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0567&from=FR>

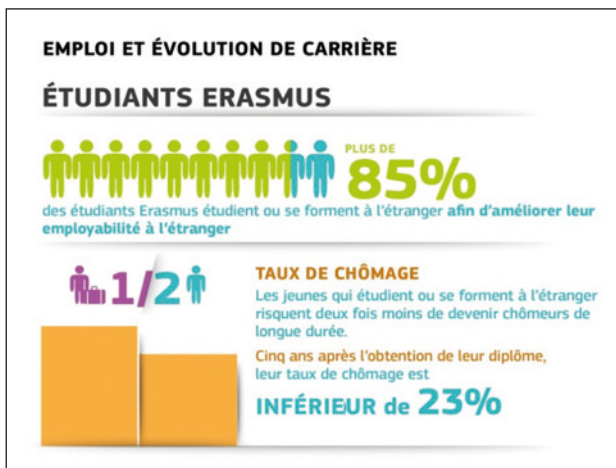
(4) Facts and figures 2013-2014 : http://ec.europa.eu/education/library/statistics/erasmus-plus-facts-figures_en.pdf

un autre pays européen pour étudier ou suivre une formation, ce qui représente une augmentation annuelle de 2 % ⁽⁵⁾.

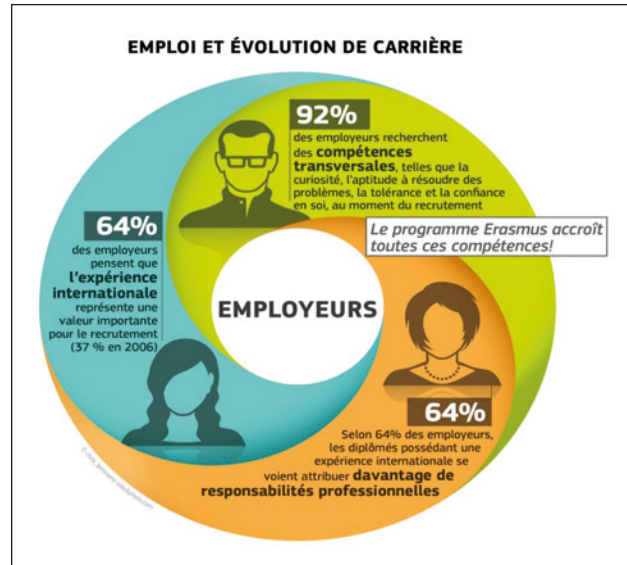
Axée sur le développement des compétences pour accroître l'employabilité et la citoyenneté active, la mobilité Erasmus est un élément central des stratégies déployées par la Commission européenne.

La mobilité des étudiants contribue également à leur épanouissement aussi bien personnel que professionnel. Elle les dote d'un large éventail de compétences transversales qu'apprécient fortement les employeurs et la société, comme le démontre l'étude d'impact du programme Erasmus ⁽⁶⁾ publiée en 2014 et complétée en 2016 par un volet d'analyses régionales. Celle-ci a examiné les effets de la mobilité des étudiants Erasmus (études et stages) sur leurs compétences individuelles, sur leurs traits de personnalité et leurs attitudes.

Elle montre que les diplômés ayant eu une expérience à l'international bénéficient d'un net avantage sur le marché de l'emploi. Le risque pour eux de se retrouver en chômage de longue durée est deux fois moins élevé par rapport à des diplômés n'ayant pas étudié ou suivi de formation à l'étranger. Cinq ans après l'obtention de leur diplôme, le taux de chômage des premiers est encore inférieur de 23 % à celui affiché par les seconds.



D'après cette étude, 92 % des employeurs recherchent chez ceux qu'ils envisagent d'embaucher des traits de personnalité que le programme Erasmus+ renforce, tels que la tolérance, la confiance en soi, l'aptitude à résoudre des problèmes, la curiosité, la connaissance de ses points forts et de ses points faibles, et la détermination dont ils font preuve au moment de l'embauche. Des tests effectués avant et après la réalisation de séjours d'échange à l'étranger ont révélé que les étudiants bénéficiaires d'Erasmus présentent des valeurs plus élevées pour ces traits de personnalité, et ce, avant même que leur séjour à l'étranger ait commencé ; à leur retour, pour chacune de ces valeurs, l'écart par rapport aux autres étudiants aura augmenté de 42 % en moyenne.



Plus de qualité

Une charte pour assurer la qualité

Éliminer les obstacles à la mobilité en augmentant la qualité des activités est un des objectifs clés d'Erasmus+. L'introduction de la Charte Erasmus en 2003 a été un élément central avec la mise en place du cadre général de qualité dans lequel un établissement d'enseignement supérieur peut entreprendre des activités de coopération européenne et internationale au sein du programme Erasmus+. La charte vise en particulier à renforcer la qualité de la mobilité des étudiants et du personnel, ainsi que le suivi des institutions impliquées.

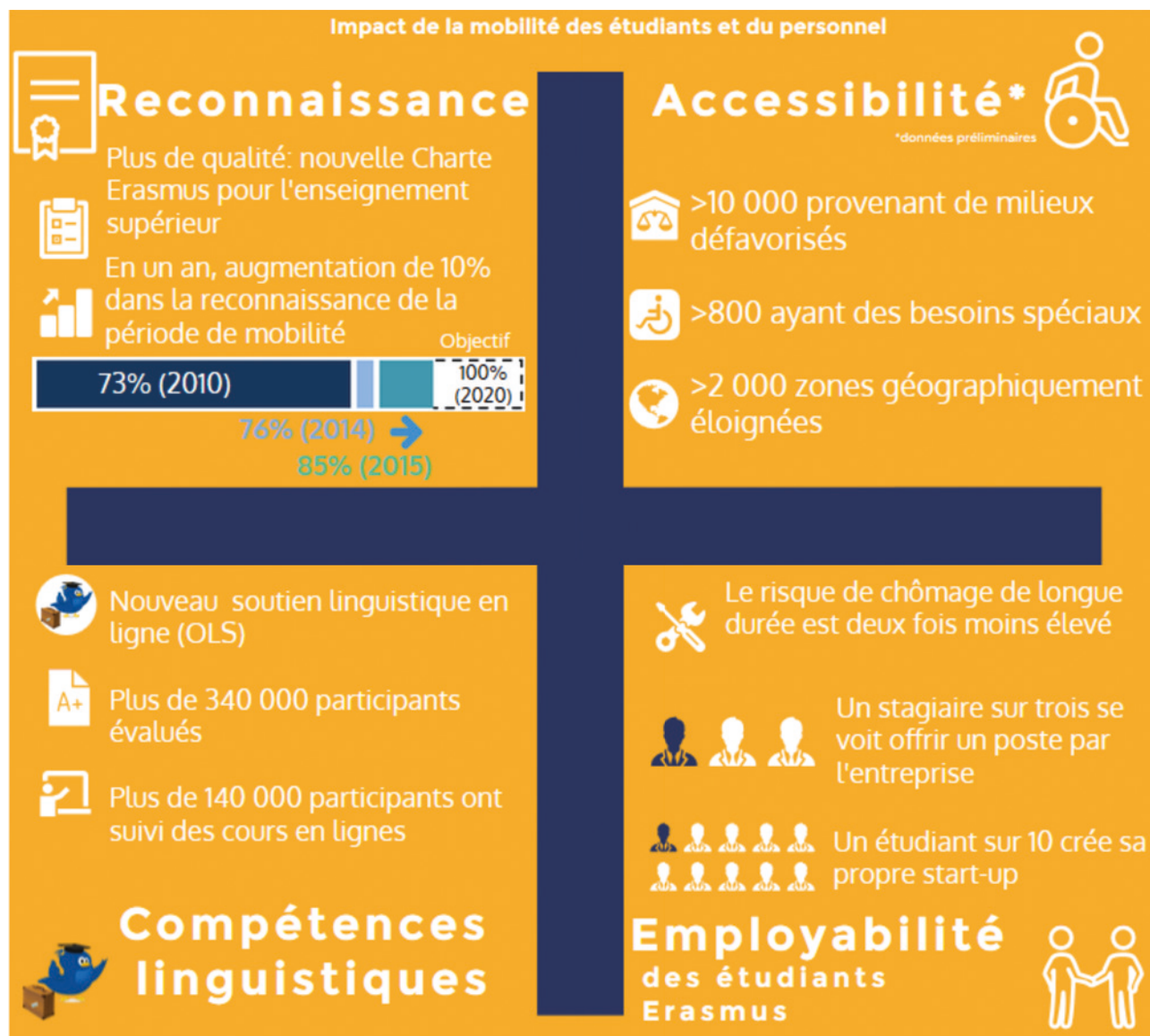
En adhérant à cette charte, l'établissement d'enseignement supérieur confirme que sa participation au programme Erasmus+ s'inscrit dans sa propre stratégie de modernisation et d'internationalisation. Ce principe fondamental signifie que le recteur ou le président de l'établissement participant s'engage à faire de la mobilité des étudiants et du personnel, ainsi que de la coopération avec les entreprises et les partenaires internationaux, les éléments centraux de sa politique internationale.

La reconnaissance des études

Erasmus+ met également l'accent sur une meilleure reconnaissance des crédits ECTS (système européen de transfert et d'accumulation de crédits) obtenus dans le cadre d'une période d'étude ou de stage effectuée à l'étranger. Afin d'atteindre les objectifs politiques mis en place dans le cadre de l'agenda pour la modernisation, les établissements d'enseignement supérieur doivent veiller à

(5) Facts and figures 2013/2014 : http://ec.europa.eu/education/library/statistics/erasmus-plus-facts-figures_en.pdf

(6) Cette étude réalisée par des experts indépendants est la plus importante de son genre. Près de 80 000 réponses ont été recueillies, dont celles émanant d'étudiants et d'entreprises : http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-1025_fr.htm



ce que l'ensemble des crédits obtenus par l'étudiant au titre de sa mobilité à l'étranger soient validés et pris en compte dans l'obtention du diplôme final.

Après deux ans d'existence, Erasmus+ donne déjà des résultats encourageants. Le taux de reconnaissance des crédits obtenus à l'étranger par les étudiants a augmenté de 10% en une seule année, pour atteindre 85 % (contre 76 % dans la dernière année du programme précédent).

L'accessibilité et l'inclusion sociale

Il est également fondamental de rendre les activités du programme Erasmus+ accessibles à ceux et à celles qui en ont le plus besoin, des étudiants justifiant de besoins particuliers ou issus de milieux défavorisés ou de zones géographiquement éloignées. Les mesures mises en place par Erasmus+ pour réduire les obstacles auxquels se heurtent les étudiants résident dans l'octroi de fonds additionnels : après seulement un an, plus de 10 000 étudiants bénéficient ainsi de subventions supplémentaires

pour un montant total de 6 millions d'euros.

Une meilleure préparation linguistique

Un élément important de la qualité de la mobilité est une bonne préparation linguistique. Le manque de compétences linguistiques est en effet un des principaux obstacles à la mobilité des étudiants. Pour faire face à ce défi, un nouvel outil Erasmus+ a été mis en place, le soutien linguistique en ligne (OLS), qui a été conçu pour aider les participants à améliorer leurs connaissances linguistiques afin que leur période de mobilité soit la plus profitable que possible.

Plus de 340 000 participants Erasmus+ ont déjà évalué leurs compétences linguistiques grâce à l'OLS, et plus de 140 000 étudiants ont amélioré ces compétences grâce à des cours en ligne et à des activités de *coaching*. Le soutien linguistique en ligne est déjà disponible en 12 langues et, à partir de 2016, d'autres langues de l'UE seront ajoutées progressivement.

Plus de coopération...

...avec les entreprises...

En favorisant des partenariats entre les universités et les entreprises, Erasmus+ contribue également à renforcer les interactions entre l'éducation, la recherche et l'innovation, que l'on désigne par l'expression le « triangle de la connaissance ». En développant une plus forte coopération avec les entreprises, les établissements d'enseignement supérieur sont en mesure de proposer des formations qui correspondent mieux aux besoins du marché de l'emploi : d'un côté, les diplômés trouvent plus facilement du travail et, de l'autre, les entreprises trouvent les compétences qu'elles recherchent. Erasmus+ finance des projets de coopération en matière d'innovation et d'échange de bonnes pratiques. Ces projets visent à introduire un apprentissage de l'esprit d'entreprise dans différentes disciplines et formations.

Parmi ces projets, les **partenariats stratégiques** favorisent une coopération structurée et durable entre les établissements d'enseignement supérieur et les entreprises (notamment les PME), les autorités locales et régionales, les institutions de recherche, les partenaires sociaux... Promouvoir la conception de nouveaux modes d'enseignement et exploiter de nouvelles techniques d'apprentissage et d'enseignement grâce à une utilisation accrue des technologies et des contenus numériques, tels sont les objectifs principaux de ces projets.

Les établissements d'enseignement supérieur peuvent également participer à des projets de plus grande envergure, tels que les **alliances de la connaissance** qui visent à encourager l'innovation dans l'enseignement supérieur, les entreprises et l'environnement socioéconomique au sens large. La préférence est donnée aux projets qui permettent d'améliorer les niveaux de réussite, d'accroître la pertinence des formations, d'activer le triangle de la connaissance et d'améliorer la gestion et le financement des établissements d'enseignement supérieur.

En finançant environ 460 projets et réseaux de coopération transnationaux depuis 2007, Erasmus a ainsi permis aux établissements d'enseignement supérieur d'améliorer la qualité, la pertinence et l'accessibilité de leurs programmes ⁽⁷⁾.

... à l'international

L'Union européenne a inauguré en 2013 une stratégie internationale ⁽⁸⁾, dont l'objectif est de garantir que les diplômés européens justifient des compétences nécessaires pour travailler partout dans le monde et de faire en sorte que l'Europe demeure la destination la plus attrayante pour les étudiants issus d'autres continents.

C'est dans ce contexte très spécifique qu'Erasmus+ a ouvert la mobilité en dehors des frontières européennes, donnant ainsi aux étudiants des pays partenaires de l'Union européenne l'opportunité de recevoir des bourses leur permettant d'étudier en Europe et en ouvrant la possibilité aux étudiants européens d'aller étudier dans ces mêmes pays. Le programme finance également des projets de renforcement des capacités, mais aussi des for-

mations conjointes « Erasmus Mundus », contribuant ainsi à faire de l'Europe une destination plus attractive.

Un programme qui évolue avec son temps

Suite aux attaques terroristes qui ont frappé l'Europe, les représentants de tous les États membres de l'Union européenne en charge de l'éducation se sont réunis à Paris et ont demandé à la Commission européenne d'élaborer des mesures concrètes en faveur de l'éducation à la citoyenneté, de la tolérance et de la lutte contre les discriminations. Un des principaux objectifs visés est de donner aux étudiants l'opportunité d'acquérir des compétences sociales, civiques et interculturelles grâce à la promotion des valeurs démocratiques et des droits fondamentaux, de l'inclusion sociale, de la non-discrimination et de la citoyenneté active ⁽⁹⁾.

Pour y parvenir, des moyens financiers additionnels sont mis à la disposition des participants les plus démunis ou de ceux présentant des besoins spécifiques. Un montant supplémentaire de 13 millions d'euros a également été dégagé au titre de 2016 afin de financer des projets traitant de questions, telles que l'intégration des minorités, l'intégration des migrants et celle d'autres groupes sociaux défavorisés.

Conclusion

Les deux premières années de mise en œuvre du programme Erasmus+ ont permis d'identifier les forces de ce programme, mais aussi d'en identifier les possibilités d'amélioration, comme l'augmentation des taux de réussite ou le renforcement de la pertinence des formations, et ce en développant les collaborations avec les entreprises et la recherche.

Le modèle unique en matière de formation d'excellence n'existe pas : l'Europe a besoin de disposer d'une grande diversité d'établissements d'enseignement supérieur et de formation, et chacun d'entre eux doit chercher à atteindre l'excellence conformément à sa mission et à ses priorités stratégiques ⁽¹⁰⁾. Cependant, chaque établissement devrait viser ces mêmes objectifs pour le XXI^e siècle : de nos jours, toute formation devrait proposer des périodes de mobilité, être développée conjointement avec des entreprises ou des partenaires internationaux et devrait permettre aux étudiants de se doter de la panoplie de compétences transversales qui leur seront utiles tout au long de leur vie, que ce soit dans un cadre professionnel ou dans le cadre de leur vie privée.

Dans cette perspective, Erasmus+ est un programme incontournable pour tout établissement d'enseignement européen qui veut être en phase avec les défis de demain.

(7) *Facts and figures 2013-2014* : http://ec.europa.eu/education/library/statistics/erasmus-plus-facts-figures_en.pdf

(8) *L'enseignement supérieur européen dans le monde* : <http://toad.eesc.europa.eu/viewdoc.aspx?doc=ces/rex/rex391/fr/eesc-2013-05751-00-00-ac-tra-fr.doc>

(9) *Déclaration de Paris* (17 mars 2015).

(10) *COMM (2011) 567 final* : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0567&from=FR>

Science vs humanités : changer de modèle et de perception

Par Alexandre MOATTI *

Ingénieur en chef des Mines, chercheur associé à l'Université Paris-Diderot

La place centrale de la sélection par la science, épine dorsale de notre enseignement depuis Jules Ferry, est un schéma à reconsidérer, notamment dans le milieu des élites issues des grandes écoles qu'il a formées : à l'heure où près de 80 % d'une classe d'âge obtient le baccalauréat, le sujet n'est plus celui de la sélection – en particulier par la science –, qui laisse beaucoup trop d'élèves au bord de la route. Le sujet, aujourd'hui bien connu, est la constitution d'un socle de connaissances communes. Les humanités (notamment l'histoire et la culture générale), qui souffrent d'une grave carence dans le secondaire et le supérieur, doivent constituer une part essentielle de ce socle. Dotées elles aussi d'une forme de méthodologie scientifique, elles permettent de former des esprits plus cultivés, plus créatifs, dans un monde du travail toujours plus complexe. De surcroît, le socle de connaissances d'une culture générale commune est aussi celui d'un « vivre ensemble ». Il faut aller jusqu'au bout du changement de paradigme en cours et en analyser aussi bien les racines que les conséquences.

Dans un précédent article publié dans les *Annales des Mines* en 2007 ⁽¹⁾, nous nous interrogeons, parmi d'autres sujets, sur la place de la science dans l'enseignement secondaire, qui sert de moyen de sélection, souvent, hélas, indépendamment du corpus de connaissances qu'elle recouvre. Ceci reste vrai, mais nos interrogations ont évolué. Nous voudrions proposer ici quelques considérations sur le rôle historique et les conséquences actuelles de la sélection par la science ; et sur la façon dont l'enseignement – dans un *continuum* allant du primaire au supérieur – pourrait être rééquilibré en faveur d'une diffusion assumée des humanités (notamment l'histoire) et de la culture générale.

Après 120 années de bons et loyaux services (1880-2000), la notion de sélection par la science doit être sérieusement reconsidérée : même si sur le terrain elle est déjà largement contournée, cette conception est encore très ancrée dans l'esprit de nos élites, dont une partie est le produit de cette sélection. Plus que séculaire, elle a été au fondement de l'école de la III^e République, celle de Jules Ferry et de Ferdinand Buisson, qui s'appuyait sur le positivisme d'Auguste Comte et la science triomphante ; elle accompagnait les valeurs d'égalité républicaines, car la science était supposée être « plus démocratique », moins liée au milieu familial que la culture générale et littéraire. Elle a été intimement mêlée à l'idée de sélection méritocratique (le fameux « ascenseur social »), et a été bien sûr orientée en priorité vers la filière des classes préparatoires et des grandes écoles. L'ensemble voguait de

conserve : plusieurs auteurs soulignent à raison que le système de sélection par les mathématiques en France est conçu dès l'école primaire pour faire entrer 1 % d'une classe d'âge à Polytechnique ou dans les écoles normales supérieures ⁽²⁾.

À l'heure où 85 % d'une classe d'âge est amenée au baccalauréat, cette conception n'est plus viable. La démocratisation massive de l'enseignement (celle de Jules Ferry un siècle auparavant n'en était qu'une faible anticipation) a provoqué une inversion du paradigme : la question n'est plus aujourd'hui « quel est le savoir qui permettra de trier les meilleurs ? » (avec pour réponse : les mathématiques), mais « quel est le socle minimal de

* L'auteur s'exprime ici à titre personnel, indépendamment des organisations auxquelles il appartient.

(1) « La diffusion de la culture scientifique, réalisations et réflexions », *Annales des Mines, Réalités Industrielles*, mai 2007, pp. 54-59.

(2) Voir, par exemple, Jean-Marc Lévy-Leblond, *L'Esprit de sel. Science, Culture, Politique*, Fayard, 1981 : « En un raccourci à peine outré, on peut affirmer que les programmes de l'École polytechnique déterminent ceux de l'école maternelle [...] par ce mécanisme téléologique, les besoins assignés à l'infime minorité qui émerge au sommet de la pyramide éducative imposent leurs règles à la vaste majorité de ceux qui la quittent aux divers paliers intermédiaires. » Étonnamment, on peut retrouver cette idée en remontant l'histoire, par exemple chez l'historien Marc Bloch (1886-1944) : « Tous nos programmes scientifiques d'enseignement secondaire, me disait un physicien, sont conçus en vue de celui de Polytechnique » (BLOCH (M.), « Sur la réforme de l'enseignement », note rédigée pour les Cahiers politiques, 1944, reprise dans *L'Étrange Défaite, Folio Histoire n°27*).

connaissances que l'on peut apporter à l'ensemble d'une classe d'âge jusqu'au baccalauréat ? ». Même si l'on ne saurait être d'accord avec les orientations utilitaristes (les savoirs « utiles » au détriment des savoirs fondamentaux) et issues du pédagogisme (avec par exemple les EPI, ces enseignements pratiques interdisciplinaires dispensés dès la 5^e sans base solide de connaissances par discipline...) de la réforme *Collège 2016*, c'est bien ce changement de paradigme-là que cette réforme essaie d'accompagner, comme les multiples autres qui l'ont précédée.

Et même si ce n'est pas ouvertement affiché, la réforme actuelle vise aussi à réviser cette conception d'une suprématie de la sélection par la science (en fait, par les mathématiques, et ce, dans le cadre d'un fort esprit d'abstraction qui s'étend aux autres sciences), ce qui constitue un vrai enjeu. Cette sélection par la science, qui a été l'épine dorsale de notre enseignement secondaire pendant un siècle, laisse beaucoup trop d'élèves sur le bord de la route, dont l'esprit n'est adapté ni aux mathématiques ni à l'abstraction, et qui, de ce fait, « décrochent » bien trop tôt. Ce n'est plus un système de sélection progressive, mais d'exclusion précoce.

Jusque dans les années 1970, ce système était très finement réglé (instituteurs et professeurs du secondaire signalaient les élèves méritants quel que soit leur milieu social, pour les orienter vers cette filière scientifique) ; cette réelle méritocratie a ensuite poursuivi son erre. En 1980, 25 % d'une classe d'âge, soit 220 000 élèves ⁽³⁾, obtenait le baccalauréat. Avec le triplement de ces chiffres ⁽⁴⁾ (en 2015, on compte 620 000 bacheliers, soit 77 % de la classe d'âge), l'idée même de *sélection* n'est plus adaptée ; elle est devenue antinomique, voire contreproductive. Méritocratie ne rime plus avec démocratie.

Tout cela est sans doute évident dans les esprits depuis une bonne quinzaine d'années. Mais il convient néanmoins d'aller jusqu'au bout du procès de la plaidoirie, car une élite dirigeante issue de la sélection par la science ne semble pas avoir perçu son reflux, nécessaire et effectif. Cette sélection reste soutenue par deux centres de pouvoir élitaires sans grand rapport entre eux (presque à l'opposé l'un de l'autre), mais qui se rejoignent sur ce point.

D'un côté, le milieu normalien (avec l'influence qu'il peut avoir au sein de l'Éducation nationale, par exemple chez les inspecteurs généraux et les professeurs de mathématiques) : il s'agit, depuis 1880 et la prise de pouvoir de l'École normale supérieure (ENS) sur Polytechnique dans la suprématie scientifique, de tout conserver à l'identique pour que non pas 10^{-3} , mais 10^{-7} d'une classe d'âge soit en mesure d'obtenir la très convoitée médaille Fields, maintenant ainsi la France au rang de deuxième puissance mondiale en mathématiques, après les États-Unis.

De l'autre côté, un milieu polytechnicien et de grands corps d'État très conservateurs, qui n'imaginent pas que le système de sélection puisse être différent de celui qui a fait réussir ses membres, et qui reste ancré dans la reminiscence saint-simonienne d'une *technocratie*, c'est-à-dire d'un gouvernement par la technique et par la rationa-

lité, s'appuyant sur une formation et une sélection par la science ⁽⁵⁾.

Cependant, la société est plastique et, on l'a dit, les lignes ont bougé depuis vingt ans, indépendamment de la vision des élites dirigeantes. La fabrique des élites s'est déplacée : qu'on le veuille ou non, qu'on le déplore ou non, une France d'ingénieurs – sélectionnés par la science – s'efface, en même temps que s'efface le tissu industriel ancien, au profit d'un autre type d'élite, une nouvelle génération de dirigeants formés par les écoles de commerce, par Sciences Po ou par l'ENA.

Un autre signe est l'amorce d'une fin de la prééminence de la section S (sciences) en 1^{ère} et en Terminale : les sections L et ES sont à présent mieux considérées qu'elles ne l'étaient précédemment, notamment pour l'accès aux grandes écoles commerciales. C'est d'ailleurs là une conséquence du glissement des élites que nous venons d'évoquer, auquel s'adaptent notamment les stratégies parentales de contournement.

Mais que l'on ne se leurre pas : cette nouvelle modalité de sélection des élites continue à s'appuyer sur les mathématiques ⁽⁶⁾ ; de plus, elle reste terriblement élitaire, s'étant lovée, tout en les accentuant, dans les défauts du système de sélection par les grandes écoles et par la science : elle se fait sur concours, de manière plus précoce (maints élèves suivent une coûteuse préparation pendant leur année de Terminale !) – les échecs étant eux aussi plus précoces ; elle est moins égalitaire et, enfin, elle bénéficie principalement à des milieux sociaux bien informés ⁽⁷⁾. Elle contribue par défaut à une spécialisation, ou à un choix fait de plus en plus jeune (sinon à un défaut de choix : si l'élève est bon en maths, il continue à... avoir le choix ; sinon, il doit faire son choix). C'est aussi contre cette spécialisation qu'il faut lutter, en conservant des horizons d'éducation et des options d'orientation aussi ouverts que possible.

Ceci nous amène à notre second point : la nécessité de repenser la conception commune que nous avons de notre enseignement. Il s'agit d'avoir pour principe fondateur

(3) http://media.education.gouv.fr/file/06_juin/19/3/Baccalaurat-tableaux-statistiques_61193.pdf

(4) <http://www.education.gouv.fr/cid56455/resultats-du-baccalaurat-session-de-juin-2015.html>

(5) « L'École polytechnique, cette école militaire qui forme par la science des hauts fonctionnaires qui veulent devenir chefs d'entreprise. Trop de contradictions », avions-nous tweeté (le 24 décembre 2015) à propos des graves problèmes posés par la réforme de l'X annoncée à la mi-décembre, notamment quant à son lien avec l'université. Sur la tradition élitaine saint-simonienne en France, voir Alexandre Moatti, « La figure de Saint-Simon (1760-1825) dans les discours technocratiques français contemporains », colloque Université Technologique Belfort-Montbéliard, mars 2016 (en ligne sur HAL - SHS).

(6) Ce qui est maintenant demandé en probabilité/statistiques en classes préparatoires commerciales (type ECS) est d'un niveau plus élevé que celui des mathématiques en classes préparatoires scientifiques (type MPSI-PCSI), pour des élèves qui, un an plus tard, n'auront plus aucune utilité de ces concepts mathématiques.

(7) C'est, de nos jours, une manifestation significative de ce que le sociologue Éric Maurin a appelé Le Ghetto français (Seuil, 2004), celui des élites et de leur autoreproduction.

non plus celui de la sélection par la science, mais celui d'un enseignement d'humanités et de culture générale qui soit le plus large possible – dans le secondaire, comme en premier cycle de l'enseignement supérieur – un enseignement qui, bien sûr, n'exclue pas les sciences. Plus que les humanités antiques (l'enseignement du grec et du latin), c'est bien l'histoire (dont l'histoire de la littérature ou de la philosophie, l'histoire des sciences et l'épistémologie) qu'il s'agit de réhabiliter, et, à travers elle, l'accès à une culture générale commune. Certes, cette notion de culture *générale* est peu en vogue actuellement. Elle se heurte, presque par définition, au communautarisme et à toute espèce de revendication identitaire, chacun voulant écrire sa propre histoire.

Pourtant, déjà en 1945, l'historien Marc Bloch appelait l'enseignement à « un examen de conscience » et à un « plan de rénovation ». Comparant l'enseignement de l'histoire à celui des sciences – cela reste d'actualité et correspond à notre propos –, il écrivait :

« Là encore, comme dans les sciences physiques, un choix neuf s'impose ».

Quelles sont ces bases sur lesquelles un enseignement d'humanités et d'histoire pourrait être « refondu » (selon son expression) en vue de favoriser l'essor d'une culture générale et de valeurs communes ? Nous nous attache-



Photo © Albert Harlingue/ROGER-VIOLLET

Marc Bloch (1886-1944), historien français.

« Pourtant, déjà en 1945, l'historien Marc Bloch appelait l'enseignement à « un examen de conscience » et à un « plan de rénovation » ».

rons moins aux contenus (beaucoup d'encre a coulé à ce propos lors du débat *Collège 2016*) qu'à la méthode : après tout, une méthode *scientifique* pourrait être mieux mise en valeur en histoire et en culture générale.

Il conviendrait, par exemple, de « montrer aux élèves que l'histoire est d'abord une enquête [...] ; si on leur apprend à dater un document [...], si on leur explique comment on parvient à avoir une connaissance approfondie des civilisations, on les associe à la recherche de la vérité »⁽⁸⁾. Ces humanités nouvelles pourraient aussi, dès le secondaire, coupler à l'histoire un peu d'anthropologie ou d'ethnologie : ces dernières disciplines ont su développer une méthodologie scientifique fondée sur des faits et des observations, qui les a préservées des travers dans lesquels sont tombés des pans entiers d'autres disciplines relevant des sciences humaines et sociales, comme l'économie ou la sociologie - en partie récupérées et marchandisées dans le cadre d'un utilitarisme de court terme⁽¹⁰⁾, auquel s'oppose toute idée de culture générale.

Esprit de Marc Bloch, es-tu là ?

Le texte de 1944 de l'historien Marc Bloch (repris dans *L'Étrange Défaite*, Folio Histoire n°27) est d'une surprenante actualité⁽⁸⁾.

Sur les ressources budgétaires dans l'enseignement : « Il faut que la France de demain sache dépenser incomparablement plus qu'elle ne s'y est résignée jusqu'ici. ». À ce propos, Bloch souligne le déplorable état des bibliothèques universitaires.

Sur les gouvernants français : « Le peu d'intérêt qu'ils portent aux choses de l'esprit. »

Sur le baccalauréat : « Certaines condamnations à mort s'imposent. Qui croit encore au baccalauréat, à la valeur de choix, à l'efficacité intellectuelle de cette aléatoire forcerie ? »

Sur les grandes écoles : « Il faut persuader les anciens élèves des grandes écoles que ces établissements parés de tous les prestiges du souvenir et de la camaraderie doivent être supprimés ».

Sur la création de l'ENA en cours à l'époque : « les gouvernants préférèrent tracer le plan d'une nouvelle école spéciale : une autre École des sciences politiques, encore un peu mieux close que sa rivale ».

Sur les sciences humaines : « Qu'est-ce qu'une Faculté de Lettres, sinon, avant tout, une usine à fabriquer des professeurs [...] ? »

(8) Assez bref, il mériterait d'être republié dans son intégralité. On peut le trouver en ligne à l'adresse suivante : <http://www.marcbloch.fr/notes.html>

(9) MICHAUD (Yves), Philosophie Magazine, mensuel n°96, février 2016, p. 66.

(10) Nous remercions Marie-Josèphe Carrieu-Costa, coordinatrice du présent numéro des Annales des Mines, pour les idées échangées par courriel à ce propos.

Troisième piste, y associer l'histoire des idées et la référence contemporaine qu'elle peut induire. L'enseignement de l'histoire n'est ni un récit national (position « conservatrice » émise lors du récent débat à propos de *Collège 2016*) ni une pure mise en contexte dans une époque et un milieu culturel donnés (position « postmoderne ») : l'histoire des idées – avec ses répétitions d'arguments au cours des âges, y compris de nos jours – aide à comprendre le monde contemporain et à y exercer sa capacité de discernement. Bien évidemment, les choix de contenus seront toujours subjectifs ⁽¹¹⁾, mais la mise en évidence d'une méthode scientifique et la mise en culture relative à notre contemporanéité sont deux axes directeurs permettant d'intéresser l'élève et de l'aider à décrypter le monde.

Le cas de l'enseignement supérieur se présente avec une acuité au moins égale. Là encore, remontons aux sources de la Troisième République : c'est en 1872, qu'Émile Boutmy crée l'École libre des sciences politiques (aujourd'hui *Sciences Po*) ; à la suite de la défaite de 1870, fasciné par la puissance intellectuelle de l'Allemagne, il estimait que l'université française avait failli à sa mission en matière d'humanités.

Aujourd'hui, il faut à nouveau innover dans l'enseignement supérieur et il convient de le faire, à nouveau, en s'appuyant sur les humanités et la culture générale.

Il faut exercer chez l'étudiant un regard critique - au sens le plus positif du terme, celui du discernement, de la mise en éveil : écouter et comprendre ce qui se dit d'intéressant à gauche, à droite, tous azimuts, et en dégager sa propre opinion. Vive le débat intellectuel ! Certes, mais encore faut-il avoir quelques bases solides pour pouvoir y participer ou le comprendre avec profit. En ce sens, la notion contemporaine d'*humanités* peut *mutatis mutandis* être comparée à celle d'avant ce que Julien Benda a appelé en 1927 *la Trahison des clercs*, c'est-à-dire la participation des « intellectuels » (nouvelle catégorie, à l'époque) au débat public, au détriment du travail d'érudition et de connaissance - celui des humanités, justement : histoire, études littéraires, philosophie.

Poursuivons sur ce plan politique, celui des affaires de la cité et de la conception commune d'une vie en société. Les formations en sciences humaines et sociales et en littérature sont souvent les parents pauvres d'une formation universitaire qui l'est déjà elle-même, ne correspondant pas à la voie royale des grandes écoles ni à la voie moins royale mais très fréquentée des formations spécialisées. Elles visent souvent à reproduire un modèle de débouchés vers l'enseignement-recherche – comme le notait déjà Bloch en 1944 ; elles regroupent dans diverses sous-catégories des enseignements trop spécifiques, trop politisés, et parfois dénigrés par les étudiants eux-mêmes. Ce n'est pas le moindre des paradoxes de l'enseignement universitaire français que d'être ainsi pris entre deux feux, d'avoir suivi deux tendances en apparence contradictoires : d'un côté, une forme de sclérose idéologique et, de l'autre, une marchandisation utilitariste de type néo-libéral, toutes deux déconnectées de la transmission durable des savoirs.

Le « numérique éducatif » : ni cet excès d'honneur ni cette indignité !

Secondaire par rapport aux deux sujets qui nous occupent, le numérique éducatif ne mérite sans doute ni cet excès d'honneur ni cette indignité dont il fait alternativement l'objet. L'excès d'honneur, c'est celui des trompettes du « numérique à l'école » (toujours embouchées à l'occasion, et ce, quasiment toujours à l'identique – depuis une bonne quinzaine d'années) : elles peuvent être considérées comme un exemple de « solutionnisme » ⁽¹²⁾, le numérique venant à être présenté, à l'appui de la réforme en cours du collège, comme allant résoudre tous les problèmes de l'Éducation nationale. Il faudrait aussi parler de certains formats vidéo, de type TED ou TEDx, certes plaisants en apparence, mais aux interventions souvent peu approfondies, dont les thèmes (le bien-être, etc.) s'éloignent de la diffusion des savoirs et qui véhiculent souvent une idéologie techno-prophétique solutionniste (« Vous allez voir ce que vous allez voir : cela ira mieux demain, grâce à la technique, grâce à moi... ») ⁽¹³⁾.

Inversement, l'opprobre jetée sur le numérique éducatif est souvent exagérée : que ce soit la critique tous azimuts de l'encyclopédie Wikipédia, ou l'épouvantail d'une mutation anthropologique liée aux nouvelles manières d'apprendre (ceux qui en parlent s'y connaissent peu, et vice-versa) ou encore le spectre d'une décérébration, « leurs *tablets* sont des *tabula rasa* », croit savoir (de manière amusante, mais peu étayée) le philosophe allemand Roland Reuß parlant des générations qui lui sont postérieures ⁽¹⁴⁾.

Signal positif (à bas bruit, à nouveau) : certains départements d'université se sont avisés de sortir de ce dilemme en prenant la peine de réfléchir et d'entamer une muta-

(11) Par exemple, sachant que tout choix est subjectif et discutable - mais les exemples sont nécessaires : l'histoire oubliée du jansénisme et de ses valeurs (en illustration d'une réflexion sur l'histoire des religions, ou sur les rapports entre pouvoir et religion) ; l'histoire des utopies sociales pré-marxistes comme le saint-simonisme (en illustration de la seconde révolution industrielle et de la naissance de la III^{ème} République) ; l'histoire de la critique de la modernité de Rousseau à Ellul (en décodage de la critique contemporaine de l'Internet) ; l'histoire de la fondation et des principes de l'enseignement laïque en France entre 1880 et 1900.

(12) Ce concept a été introduit par l'essayiste américain Evgeny Morozov. Cette même notion avait été introduite de manière plus approfondie et intéressante par le philosophe Jacques Ellul (1912-1994), par exemple dans *Le Bluff technologique*, 1988 : « La technique nous est dorénavant présentée comme la seule solution à tous nos problèmes collectifs ».

(13) Une critique bienvenue des conférences TED sous la plume de Benjamin Bratton est parue dans *The Guardian*, "We need to talk about TED", 30 décembre 2013 : <http://www.theguardian.com/commentisfree/2013/dec/30/we-need-to-talk-about-ted>

(14) REUß (R.), *Sortir de l'hypnose du numérique*, Strömfeld 2012, traduction française *Des Îlots de Résistance*, 2013.

tion importante ⁽¹⁵⁾. Ils se sont aussi avisés que, de plus en plus, les entreprises pouvaient être intéressées par des profils différents des profils scientifiques, plus cultivés, plus créatifs. Comme le souligne J.-F. Pradeau, l'enseignement supérieur prend progressivement conscience « d'un besoin exprimé à la fois par les étudiants, désireux de s'instruire indépendamment des enseignements professionnalisants, et par les employeurs », ces derniers cherchant à recruter « des jeunes gens qui ont une culture historique et littéraire [...], une forme d'érudition qui va leur permettre de mieux comprendre le monde qui les entoure et de mieux agir » ⁽¹⁶⁾.

Quant à nous, notre feuille de route, à notre échelle, est de participer à redonner leurs lettres de noblesse aux humanités *via* le numérique : notre projet est la création d'une chaîne vidéo de conférences d'humanités et de culture générale, à rattacher à une institution publique ⁽¹⁷⁾.

Finalement, on ne peut qu'être frappé par la trop grande longévité de nos modèles français d'éducation publique associée à leur faible capacité de remise en question : les grands corps de l'État, depuis l'Ancien Régime ; les grandes écoles scientifiques (et la sélection par la science qu'elles ont induite) depuis la Révolution et l'Empire ; la filière de sélection *via* les sciences politiques et les grandes écoles commerciales depuis le début de la III^{ème} République. Ces modèles très élitaires ont atteint leurs limites, nous l'avons dit. Bien au-delà du seul milieu de l'Éducation nationale, une prise de conscience et une action rapide des élites qu'ils ont formées sont nécessaires afin de modifier en profondeur le système : celles-ci en auront-elles la vision et la volonté ?

Mais ce qui est plus frappant encore, à l'examen sur une certaine période de temps, c'est que le diagnostic et les propositions faits ici (fin d'une sélection par la science, refondation par les humanités) l'avaient été il y a bien longtemps déjà : il n'est pas banal que l'article écrit par

Marc Bloch en 1944 n'ait pas pris une ride, et même qu'il résonne aujourd'hui avec une pertinence et une acuité renouvelées.

Loin d'un nostalgique retour en arrière, c'est un signe à considérer positivement, qui montre que l'histoire (ici, celle de la réflexion sur l'éducation) éclaire le présent : le programme est tracé de longue date, encore faut-il le suivre. Il ne s'agit pas d'opposer entre elles les sciences et les humanités, ni bien sûr de se passer des sciences, mais de prendre acte que le système de sélection, que ce soit par les mathématiques ou les « sciences politiques », n'est plus du tout un modèle à défendre comme un étendard. Cet étendard doit être à présent celui de la culture générale, de l'histoire et de sa mise en perspective, à considérer comme *méthode* éducative permettant de faire société.

Pour terminer par une pirouette en empruntant aux métaphores de Montaigne et de Pascal, souvent filées mais rarement mêlées : à l'esprit de géométrie d'une tête (trop) bien faite, sans doute faut-il préférer l'esprit de finesse émanant d'une tête *bien* pleine.

(15) On citera, par exemple (sans que cette liste soit exhaustive), la formation CPES (Cycle pluridisciplinaire d'études supérieures), qui reste très élitaire, du pôle Paris Sciences & Lettres (PSL) et les licences « Humanités » ou « Sciences & Humanités » des universités Paris XI-Nanterre, Aix-Marseille, ou de l'Université technologique de Compiègne. Une discussion sur ces nouvelles formations figure (pp. 17 et ss.) dans J.-F. Pradeau, « L'avenir des humanités dans l'entreprise », Carnets de l'Institut Diderot, 2011. Ce texte est disponible en ligne à l'adresse : <http://www.institutdiderot.fr/wp-content/uploads/2015/03/Lavenir-des-humanit%C3%A9s-dans-lentreprise.pdf>

(16) PRADEAU (J.-F.), *op. cit.*, p. 23.

(17) Dans la continuité de ce que nous avons fait avec science.gouv.fr (2004-2014), et bibnum.education.fr (depuis 2008), bibliothèque numérique d'histoire des sciences (MESR et Fondation Maison des Sciences de l'Homme, avec le soutien de la Fondation de l'École polytechnique).

La prospective : de l'anticipation à la préparation à l'avenir

Par Pierre PAPON

Physicien, professeur honoraire de physique thermique à l'École supérieure de physique et chimie industrielles de Paris (ESPCI)

La prospective a pour objectif d'éclairer l'avenir en proposant des scénarios réalistes et en tentant d'anticiper d'éventuelles ruptures. S'agissant de science et de technologie, elle fait des conjectures sur des changements possibles de paradigmes, elle identifie des voies prometteuses et elle fait des hypothèses sur l'incidence sociale et économique du progrès scientifique et technique. Dans cet article, nous ferons le point sur les méthodes de la prospective des sciences et des techniques, et nous mettrons en évidence ses succès et ses échecs. La démarche prospective est un outil qui permet d'élaborer des stratégies : elle devrait trouver une place dans la formation des ingénieurs, des scientifiques et, plus généralement, des gestionnaires.

La victoire, début 2016, du programme d'ordinateur AlphaGo sur le meilleur joueur mondial du jeu de Go, Lee Se-Dol, annonçait le franchissement d'une nouvelle étape dans la relation homme-machine grâce à l'intelligence artificielle ⁽¹⁾. Il est vrai que dès l'avènement de l'ordinateur, on s'est interrogé sur les perspectives qu'il ouvrait à l'homme ⁽²⁾. Ainsi, dans un article publié en 1948 dans le journal *Le Monde*, Dominique Dubarle, un père dominicain spécialiste de la logique mathématique, écrivait à propos des premiers ordinateurs : « On peut espérer créer à bref délai des machines fonctionnant encore plus vite, capables d'attaquer des problèmes largement plus étendus et plus compliqués avec des moyens matériels moins onéreux que ceux des machines actuelles. Les premiers grands relais du cerveau viennent de prendre naissance... » ⁽³⁾. Dans cet exercice de prospective prémonitoire, il saluait la publication récente du livre de Norbert Wiener sur la cybernétique, dans lequel il voyait l'acte de naissance d'une nouvelle science. Nous revisiterons dans cet article les objectifs de la prospective, en particulier de celle qui s'intéresse à la science et à la technologie, et nous nous interrogerons sur son rôle dans la formation.

Existe-t-il un « discours de la méthode » en matière de prospective ?

La prospective, qui n'est pas un exercice de prévision, a pour objectif d'éclairer l'avenir en proposant des scénarios réalistes (par exemple, dans le domaine de l'énergie) et en tentant d'anticiper d'éventuelles ruptures dans les champs de l'économie, de la science, de la technologie, voire de la géopolitique. S'agissant de science et de technologie, elle conjecture leur devenir, repère de possibles mutations, des changements de paradigmes et des voies

prometteuses. Elle s'interroge, aussi, sur l'incidence économique et sociale de leur progrès.

Périodiquement, de nouvelles théories bouleversent radicalement les connaissances, elles introduisent des changements de paradigmes, de véritables « révolutions scientifiques » ⁽⁴⁾, comme le fut l'avènement de la théorie de la relativité et de la physique quantique au début du XX^e siècle : des innovations majeures (l'ordinateur, par exemple) sont l'équivalent de changements de paradigmes ⁽⁵⁾. Ces ruptures dont l'impact est rarement immédiat sont difficiles à anticiper et il n'existe pas de « méthodologie » pour en faire une prospective. Il est vrai que des méthodes complexes de « prévision technologique » ont été élaborées dans les années 1970 pour évaluer de manière probabiliste des possibilités de percées techniques. La méthode « Delphi » consiste à consulter un groupe d'experts afin d'en obtenir par itération la prévision « datée » (celle de la fusion thermonucléaire, par exemple), qui n'a qu'une valeur statistique. Elle présente le sérieux inconvenient de ne pas sortir des chemins balisés, rendant difficilement détectables les signaux faibles de faits porteurs d'avenir et annonceurs de ruptures. Ainsi, lorsque

(1) "Digital intuition", Editorial, *Nature*, 529, 437, 28 January 2016.

(2) Le premier ordinateur électronique, la machine Eniac, avait été inauguré à l'Université de Pennsylvanie, en novembre 1945. Il fonctionnait grâce à 17 500 tubes électroniques d'une puissance électrique de 150 kilowatts.

(3) DUBARLE (D.), « Une nouvelle science : la cybernétique. Vers la machine à gouverner ? », *Le Monde*, 28 décembre 1948.

(4) KUHN (T.S.), *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

(5) PAPON (P.), « L'anticipation des ruptures », *Futuribles*, n°366, septembre 2010.

le laser fut inventé (au début des années 1960), la plupart des experts doutaient de son utilité et le qualifièrent, ironiquement, de « solution à la recherche d'un problème ».

La prospective technologique utilise souvent la méthode des scénarios, elle consiste à imaginer des évolutions contrastées d'une situation donnée, par exemple celle d'une filière énergétique. Herman Kahn et l'Hudson Institute l'ont popularisée aux États-Unis dans les années 1960 en l'utilisant dans les domaines de la défense et de la géopolitique ⁽⁶⁾. Afin de détecter des zones de ruptures scientifiques potentielles, la voie pragmatique consiste à identifier des signes témoignant de situations nouvelles ou problématiques : nouveaux phénomènes devant être expliqués, concepts devenus stériles, théories à la complexité croissante, technique expérimentale ouvrant des champs d'investigation jusqu'alors difficiles à explorer (c'est le cas du laser, qui a permis de mettre en évidence les ondes gravitationnelles). Ils doivent être détectés dans des publications scientifiques, des livres, des actes de conférences. Ainsi D. Dubarle avait-il bien repéré l'importance du signal qu'était l'explicitation du concept de *feedback* par N. Wiener.

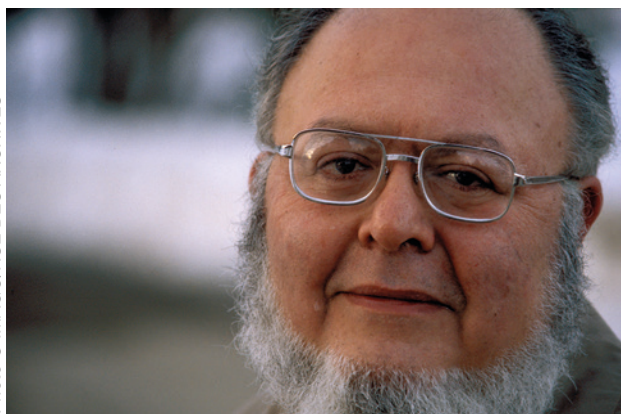


Photo © IMAGO/RUE DES ARCHIVES

Herman Kahn (1922-1983), analyste militaire et théoricien des systèmes politiques, Chappaqua (New Castle), 1978.

« La prospective technologique utilise souvent la méthode des scénarios, elle consiste à imaginer des évolutions contrastées d'une situation donnée, par exemple celle d'une filière énergétique. Herman Kahn et l'Hudson Institute l'ont popularisée aux États-Unis dans les années 1960 en l'utilisant dans les domaines de la défense et de la géopolitique. »

Heurs et malheurs de la prospective

L'histoire des sciences et des techniques permet de faire *a posteriori* le constat que des signes de ruptures étaient détectables. Ainsi, à la fin du XIX^e siècle, la physique statistique ne parvenait pas à expliquer toutes les expériences d'interaction entre la matière et le rayonnement : cette carence « annonçait » de futures ruptures que les physiciens se refusaient à envisager - à l'exception de Max Planck, qui « osa » formuler l'hypothèse des quanta, c'est-à-dire

de la discontinuité de l'énergie. *A contrario*, on rappellera qu'à la fin des années 1930, les dirigeants des Bell Laboratories, qui cherchaient une alternative aux lampes électroniques servant à amplifier des signaux électriques, ont « parié » que la physique quantique permettrait d'expliquer les propriétés électroniques de semi-conducteurs, comme le germanium, et ils ont lancé un important programme de recherche sur la physique des solides qui a abouti, en 1947, à l'invention du transistor, une rupture ouvrant la voie à l'électronique moderne.

Les signaux faibles de la science ne sont pas toujours reconnus par les institutions scientifiques ou les entreprises. Ainsi, l'hypothèse de la dérive des continents proposée en 1915 par le climatologue allemand Alfred Wegener a été ignorée par les géologues, avant d'être validée par des campagnes d'exploration sous-marine au début des années 1970, devenant ainsi l'un des paradigmes des sciences de la Terre. De même, faut-il rappeler qu'en France, l'informatique et la biologie moléculaire ont eu du mal à s'imposer en tant que disciplines à part entière dans les universités et au CNRS ?

La prospective doit éviter deux pièges.

Le premier, très répandu, est celui de la « linéarité » : extrapoler à long terme des tendances scientifiques et techniques. Thomas Edison, l'un des grands inventeurs américains, a ainsi commis cette erreur, en 1900, en pariant que le stockage d'électricité grâce à des batteries permettrait à la voiture électrique de percer. Il en a commis une seconde en n'anticipant pas la possibilité de transporter à grande distance du courant électrique alternatif, car, fort de son expérience, il misait sur le courant continu ⁽⁷⁾.

Le second piège est la myopie : la prospective se refuse d'envisager la possibilité de greffer une technique sur une autre ou de transposer des concepts scientifiques d'une discipline à une autre. Ce piège peut être mortel : Kodak en a été victime, en n'anticipant pas la percée des techniques numériques appliquées à la photographie : en continuant à miser sur l'argentique, la société a été acculée à la faillite. Les signaux faibles ne sont sans doute détectés que par des esprits non contraints par les orthodoxies et préparés, de ce fait, à les percevoir...

Les indicateurs de la science et de la technologie permettent aussi d'identifier des tendances (les dépôts de brevets montraient, dès la fin des années 1980, la montée en puissance des nanotechnologies) ⁽⁸⁾. Ainsi le génie génétique connaît-il des progrès foudroyants avec la

(6) POPIOLEK (N.), Prospective technologique, Orsay, EDP sciences, 2015.

(7) Il a très vite changé de point de vue en se convertissant à la technique du courant alternatif inventée par son rival, Nikola Tesla. Quant aux voitures électriques, elles tentent de déboucher, au XXI^e siècle, promues par une entreprise américaine qui a emprunté le nom de Tesla...

(8) On peut mesurer l'impact des publications et des brevets au nombre de citations dont ils sont l'objet dans la littérature scientifique. En France, cet impact est évalué par l'Observatoire des sciences et des techniques, qui publie des Indicateurs de sciences et de technologies.

technique dite d'édition du génome consistant à modifier avec une très grande précision le génome d'une cellule en utilisant une enzyme spécifique (appelée Cas9). Les premières publications en faisant état datent de 2010 et, dans les bases de données, on observe que leur nombre s'est accru très rapidement à partir de 2013 (environ 600 publications, dès 2014), les brevets suivant la même pente ascendante (une vingtaine en 2012, et près de 170 en 2014, dont 62 pour le seul MIT). Cette rupture technique aura probablement d'importantes applications en génétique⁽⁹⁾. Toutefois, les indicateurs ne repèrent que rarement les signaux faibles, tels que des découvertes publiées dans des articles peu cités, sans écho immédiat, alors qu'ils provoqueront une véritable rupture. Signalons enfin que l'on débat, dans les publications consacrées à la physique des particules et en astrophysique, des défis auxquels la physique doit faire face (par exemple, la nature de la matière et de l'énergie noires) : peut-on envisager des changements de paradigmes à long terme ? Enfin, le nombre croissant de publications consacrées aux applications des concepts d'information quantique conduit à penser que celles-ci pourraient déboucher sur une informatique d'un nouveau type.

La prospective ne se limite pas à évaluer les possibilités de ruptures scientifiques et techniques : elle s'intéresse aussi à leurs implications sociales. Ainsi la relation homme-machine est-elle au centre de nombreuses réflexions, car les progrès de l'intelligence artificielle ont une incidence sur la robotique : les robots sont capables d'apprentissage, d'évaluer leur environnement et de communiquer entre eux⁽¹⁰⁾. Les premières réalisations de robots commandés directement par le cerveau (en l'occurrence, des prothèses) annoncent l'ouverture d'un nouveau champ d'applications à la frontière de l'intelligence artificielle et des neurosciences. Ces perspectives ouvrent un débat sur leurs implications sociales : quel sera l'impact potentiel sur l'emploi et l'organisation du travail de la robotique et du numérique ? Si, en 1930, l'économiste John Maynard Keynes pronostiquait que le progrès technique abaisserait la durée de la semaine de travail à 16 heures en 2030, la prospective ne peut que se limiter à des conjectures : le traitement massif des données va renforcer les capacités des robots et les performances de systèmes experts utilisables dans de nombreux métiers. À partir de là, des hypothèses très contrastées sont faites sur l'impact de ces techniques sur l'emploi⁽¹¹⁾. Sur ces terrains, la prospective doit mobiliser les sciences humaines et sociales (de l'histoire à la psychologie, en passant par la sociologie).

Prospective et science-fiction : des convergences ?

La science-fiction met souvent en scène des ruptures techniques dans des scénarios (romans, mangas et films), avec des héros qui, tels le capitaine Nemo, maîtrisent des innovations pour exploiter l'énergie (son sous-marin, le Nautilus, fonctionnait avec une pile à hydrogène produit à partir de l'eau de mer), manipuler l'humain ou le remplacer par des robots dans une nouvelle société, et explorer l'univers. Ses anticipations et les scénarios de la

prospective en se rejoignant parfois enrichissent nos réflexions sur l'avenir. C'était le cas des spéculations sur les villes du futur dans des romans de Jules Verne et d'Albert Robida, à la fin du XIX^e siècle, des propositions futuristes du plan Voisin de ré-urbanisation de Paris, proposé par Le Corbusier, en 1925, et aujourd'hui des réflexions sur la ville « intelligente »⁽¹²⁾.

Rappelons que l'avènement de l'énergie nucléaire a été envisagé, avec une précision surprenante, par un grand écrivain de science et de politique fiction, le britannique Herbert-Georges Wells, qui, dans *The World Set free*, publié en 1914, « prévoyait » une grande rupture scientifique, qu'il situait en 1933 : la désintégration des atomes (leur fission). Et, ajoutait-il, cette découverte sera vite appliquée à la production d'électricité et à la construction d'une « bombe atomique »⁽¹³⁾. La fission de l'uranium ne devait être découverte qu'en 1938, mais Frédéric Joliot-Curie, dans son discours de réception du prix Nobel de chimie à Stockholm, en 1935, qui lui était décerné ainsi qu'à son épouse Irène pour la découverte de la radioactivité artificielle, anticipait le développement à court terme de l'énergie atomique. Quatre ans après cette véritable prospective, il déposait plusieurs brevets sur l'énergie nucléaire (dont un sur les explosifs...). Quant aux nanotechnologies et à leurs applications les plus diverses (notamment, en médecine), la science-fiction japonaise les a évoquées dès les années 1970⁽¹⁴⁾.

Les visions de la science-fiction et la prospective sont souvent complémentaires, elles reflètent d'ailleurs les préoccupations d'une société, notamment vis-à-vis de la

(9) Cette technique porte le nom de CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats). Les premiers travaux portant sur la bactérie *Escherichia Coli* datent de 1987, et la percée décisive dans ce domaine a été réalisée en 2012 par Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna à Berkeley, avec la mise au point de la Cas9 (Crispr-associated protein 9-nuclease). LEDFORD (H.), « CRISPR, the disruptor », *Nature*, vol. 522, 4 June 2015, p. 20.

(10) OUDOYER (P.-Y.), « Robotique : les grands défis à venir », *Futuribles*, n°399, mars-avril 2014, p. 5.

(11) Voir, en particulier, BRYJOLFSSON (E.) & McFEE (A.), *The second machine age*, New York, W.W. Norton & Company, 2013. Le groupe de l'Oxford Martin School sur l'impact de l'automatisation sur l'emploi a publié d'intéressants travaux sur cette question. Il estime que l'emploi courrait des risques sérieux dans 47 % des métiers aux États-Unis, et il analyse les verrous techniques subsistant dans l'automatisation. Oxford Martin School, *Citi GPS, Technology at work V2.0, the future is not as it was to be*, January 2016.

(12) Voir VERNE (J.), Paris au XX^e siècle (ce livre refusé par l'éditeur de Jules Verne, Pierre-Jules Hetzel, en 1863 a été publié en 1994 par Hachette et les Éditions du Cherche Midi. Pour Albert Robida, auteur aujourd'hui oublié et contemporain de Jules Verne, voir : LACAZE (D.), « Albert Robida, explorateur du XX^e siècle », *Futuribles*, n°366, septembre 2010, p. 61. Les thèmes de l'électrification et du rôle futur des télécommunications sont présents de façon prémonitoire dans leurs livres.

(13) WELLS (H.G.), *The World Set Free*, 1914 (traduction française : *La Destruction libératrice*), Bruxelles, Gama, « Le passé du futur », 1995.

(14) Voir à leur sujet la thèse de Denis Taillandier, *Les Nanotechnologies dans la science-fiction japonaise*, Lyon, Université Jean Moulin, août 2015. C'est un professeur de l'Université de Tokyo, Taniguchi Norio, qui a été à l'origine en 1974 du néologisme « nanotechnologies ».

science et de la technologie ⁽¹⁵⁾ : elles aident à prendre du recul et à intégrer la dimension temporelle dans le progrès scientifique et technique. Ses perspectives sont, aujourd'hui, l'enjeu de débats, c'est le cas notamment des techniques d'édition du génome, dont les implications éthiques ont été discutées lors d'une conférence organisée en décembre 2015 à Washington.

La formation à l'école de la prospective ?

La prospective a une double fonction, d'une part, elle tente d'identifier les domaines de la connaissance où pourraient survenir des ruptures scientifiques ou techniques et, d'autre part, elle en imagine, notamment au travers de scénarios, de possibles implications sociales, économiques ou géopolitiques. Ses réflexions et ses intuitions ne relèvent pas de la connaissance pure, du fait qu'elles doivent souvent tenir compte d'un contexte social. Une démarche prospective devrait être un préalable à l'élaboration d'une stratégie, qu'il s'agisse d'une stratégie de recherche dans un laboratoire public ou privé, de développement technique dans une entreprise ou de politique énergétique. Dans des sociétés de plus en plus façonnées par les progrès des sciences et des techniques, même si ceux-ci sont parfois mis en question, cette démarche devrait être salutaire. Aussi devrait-elle trouver une place dans la formation des ingénieurs, des scientifiques, et, plus généralement, des gestionnaires.

La formation aurait avantage à se mettre à l'école de la prospective, mais comment s'y prendre ?

Les enseignements dispensés dans les grandes écoles et les universités se sont fortement diversifiés ces dernières années, la pluridisciplinarité ayant fait lentement son chemin dans l'enseignement supérieur français, les curriculums des étudiants ont tendance à s'alourdir. Ajouter un enseignement de plus n'est donc pas une solution réaliste, sauf exception ; on pourrait observer d'ailleurs que l'histoire des sciences et des techniques est rarement intégrée à un cursus scientifique. Toutefois, un enseignement dédié à la prospective et aux leçons que l'on peut retirer des exercices passés aurait certainement sa place dans des masters de gestion. C'est d'ailleurs le cas dans certaines universités (par exemple, Paris-Saclay et Dauphine) qui ont créé des masters de management de la technologie et de l'innovation. S'agissant des cursus classiques, on peut sans doute instiller une « dose » de prospective dans certains enseignements dits magistraux, par exemple en physique nucléaire ou quantique et en énergétique, et quelques réflexions sur les perspectives de percées techniques ainsi que sur les succès et les bévues passées de la prospective (en particulier des scénarios, l'énergie étant un bon exemple) seraient bien utiles.

Plus généralement, c'est sans doute un appel à élargir la culture générale des étudiants, dont certains seront de futurs cadres, qui serait le plus utile. Inciter les étudiants à lire ou relire les livres de science-fiction de Jules Verne, d'Albert Robida, d'Isaac Asimov et, bien sûr, 1984 de George Orwell et *La machine à explorer le temps* de H. G. Wells, ne serait pas inutile.



Photo © Coll. Jonas/KHARBINE-TAPABOR

« Un quartier embrouillé », illustration d'Albert Robida (1848-1926) pour le *Vingtième Siècle La Vie électrique*, dans les années 1880-1889.

« Plus généralement, c'est sans doute un appel à élargir la culture générale des étudiants, dont certains seront de futurs cadres, qui serait le plus utile. Inciter les étudiants à lire ou relire les livres de science-fiction de Jules Verne, d'Albert Robida, d'Isaac Asimov et, bien sûr, 1984 de George Orwell et *La machine à explorer le temps* de H. G. Wells, ne serait pas inutile. »

Plus largement, des livres contemporains ouvrant à la géopolitique (tel que *La fin de l'Homme rouge*, le roman de Svetlana Alexievitch, prix Nobel de littérature en 2015, mettant en scène la fin de l'URSS) débouchent sur une réflexion sur la dynamique de transformation des sociétés et sur le rôle de la géopolitique, qui est une dimension importante de la prospective ⁽¹⁶⁾. Le général de Gaulle écrivait, en 1932 dans *Le Fil de l'épée*, que « la véritable école de commandement est celle de la culture générale » et, fort curieusement, à la même époque, on trouvait dans le ma-

(15) Centre d'analyse stratégique, La Science-fiction du miroir de nos sociétés à la réflexion prospective, note d'analyse n°311, décembre 2012.

(16) ALEXIEVITCH (S.), *La Fin de l'Homme rouge*, Arles, Actes Sud, 2013.

nuel de guerre des écoles d'officiers de l'armée japonaise, cette prescription : « Lisez, la guerre sera gagnée ! »⁽¹⁷⁾.

Les étudiants, les chercheurs et les managers ne trouveront dans la littérature et les exercices passés de prospective de recettes ni pour la transition énergétique ni pour éviter les incidences dommageables de l'automatisation. Mais une prospective s'appuyant sur une solide culture générale ouvre le spectre de la réflexion et habitue à penser que l'histoire, la science et la technique ne sont pas toujours linéaires et sont souvent « intriquées ».

Concluons en citant à nouveau J.M. Keynes, qui affirmait que « l'inévitable n'arrive jamais, alors que l'inattendu arrive toujours... ».

Le rôle de la prospective n'est évidemment pas de prévoir l'inattendu, mais d'explorer les voies de l'avenir et de mieux nous armer à faire face, le cas échéant, à des crises provoquées par l'inattendu.

Bibliographie

ATTALI (J.), *Peut-on prévoir l'avenir ?*, Paris, Fayard, 2015.

DÉCOUFLÉ (A.-C.), *La Prospective*, Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1972.

DUPUY (J.-P.), *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*, Paris, Le Seuil, 2002.

GAUDIN (Th.), *Innovation et prospective, la pensée anticipatrice*, Paris, Éditions Omniscryptum, 2012.

GODET (M.), *Crise de la prospective, essor de la prévision*, Paris, PUF, coll. « Sup », 1977.

GODET (M.), *Manuel de prévision stratégique*, Paris, Dunod, 2007.

KAHN (H.) & WIENER (A.J.), *L'an 2000*, Paris, Éditions Robert Laffont, 1968.

KUHN (T.), *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, 1972.

LEBEAU (A.), *L'engrenage de la technique*, Paris, Gallimard, 2005.

LEHOUCQ (R.), *La SF sous les feux de la science*, Paris, Le Pommier, 2012.

PAPON (P.), *Bref récit du futur*, Paris, Albin Michel, 2012.

PAPON (P.), *Pour une prospective de la science*, Paris, Seegers, 1983.

POPIOLEK (N.), *Prospective technologique*, Orsay, EDP Sciences, 2015.

PORTAL (Th.) & ROUX-DUFORT (C.), *Prévenir les crises*, Paris, Armand Colin, 2013.

ROQUEPLO (Ph.), *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Paris, INRA éditions, 1997.

SALOMON (J.-J.), *Survivre à la science : une certaine idée du futur*, Paris, Albin Michel, 1999.

(17) On doit cette observation à une anthropologue américaine, Ruth Benedict, dans un rapport sur la culture japonaise écrit en 1944-45 pour l'armée américaine, et publié après la guerre dans le livre *Le Chrysanthème et le Sabre* (republié en France, chez Picquier, en 1995). Les généraux japonais n'avaient sans doute pas suivi les préceptes de leur manuel de guerre. Mais le général Mac Arthur, qui avait lu ce rapport, a réussi sans trop de difficultés à mener à bien l'occupation américaine du Japon...

L'enseignement en ligne suscite une soif nouvelle de connaissance

Par Gilles DOWEK

Chercheur à l'Inria et enseignant à l'École normale supérieure de Cachan

Le développement de l'enseignement en ligne participe d'un vaste mouvement de partage des connaissances, qui traverse nos sociétés. En redonnant une nouvelle vie aux idées d'enseignement à distance, d'enseignement assisté par ordinateur et d'éducation mutuelle, l'enseignement en ligne participe à un renouvellement de l'enseignement, à la fois dans ses méthodes et dans sa temporalité.

La place de la connaissance

Dans la grande diversité des scénarios que nous échafaudons, quand nous imaginons notre futur, une constante semble se dégager : nous pensons en général que nous serons, à l'avenir, plus savants. Plusieurs raisons nous amènent à le penser.

D'une part, nous n'avons jamais créé autant de connaissance. En trois cent cinquante ans, les chercheurs ont publié cinquante millions d'articles, mais, aujourd'hui, ils en publient plus d'un million par an. De la même manière, il n'y avait jamais eu autant de personnes dont le métier est de créer de la connaissance : par exemple, on estime qu'il y avait entre deux cents et deux cent cinquante mathématiciens en 1900 ; aujourd'hui, il y en a près de cinquante mille. D'autre part, l'augmentation de la productivité dans l'industrie et les services s'accompagne d'une augmentation de la demande de connaissances et de compétences : par exemple, les machines-outils mécaniques ont été remplacées par des machines à commande numérique, dont l'utilisation demande de maîtriser un ou plusieurs langages de programmation. Enfin, l'observation du passé récent nous permet de constater une augmentation du désir de connaissance qui ne semble pas près de se tarir. Les universités françaises accueillaient cinquante mille étudiants en 1920 et cent mille en 1945 ; aujourd'hui, elles en accueillent un million et demi, ce qui ne représente qu'une fraction des deux millions et demi d'étudiants qui fréquentent un établissement d'enseignement supérieur au sens large du terme.

Par le simple fait qu'une population plus nombreuse est aussi plus diverse, cet accroissement du désir de connaissance s'accompagne d'un accroissement d'une diversification des aspirations. Un enseignement magistral et initial pouvait à peu près convenir à une population de quelques dizaines de milliers d'étudiants. Mais nous devons aujourd'hui construire un enseignement plus diversi-

fié à la fois dans ses méthodes et dans son organisation temporelle. À une organisation de nos existences en trois périodes, de quelques décennies chacune, consacrées à l'apprentissage, à la production, puis au repos, se substitue peu à peu une organisation plus fragmentée, dans laquelle l'apprentissage est présent tout au long de la vie et à différentes échelles : on peut imaginer revenir tous les dix ans étudier une année à l'université, mais on peut aussi consacrer un mois par an, un jour par semaine, voire une heure chaque jour à acquérir de nouvelles connaissances.

Plus d'enseignants, certes, mais aussi toujours plus d'étudiants

Cet accroissement du nombre des personnes qui apprennent s'accompagne naturellement d'un accroissement du nombre des personnes qui enseignent. Mais le nombre des enseignants ne pourra pas croître autant que celui des étudiants : les enseignants devront donc devenir plus productifs pour satisfaire cette soif collective de connaissance.

Nous savons que la productivité des différents métiers augmente diversement et une idée reçue voudrait que la création d'information se distingue de celle de biens matériels par le fait que sa productivité ne puisse pas beaucoup augmenter : la première représentation de Don Juan avait mobilisé une douzaine de comédiens pendant deux heures et demie ; plus de trois siècles plus tard, jouer cette même pièce exige sensiblement le même nombre de comédiens pour un temps de représentation quasi identique. Mais cet exemple ne doit pas nous abuser, car l'augmentation de la taille des salles de spectacle et, surtout, la variété des déclinaisons de l'art de la représentation (théâtre, cinéma, télévision, vidéo) ont considérablement augmenté la productivité de comédiens devenus entretiens des acteurs.

Photo © Bjorn Run Lie / KON IMAGES / PHOTONONSTOP



« L'enseignement en ligne est né de la confluence de l'enseignement par correspondance et de l'enseignement assisté par ordinateur : dès que les ordinateurs et les liaisons réseaux sont devenus suffisamment bon marché pour que chaque élève puisse posséder son propre ordinateur et que les ordinateurs personnels ont été mis en réseau, le courrier électronique a pu remplacer le courrier postal dans l'enseignement par correspondance et l'enseignement assisté par ordinateur a pu être dispensé à distance. »

C'est, nous semble-t-il, à l'aune de cette transformation de nos sociétés dans la durée et de la place que la connaissance y occupe, qu'il nous faut apprécier les transformations de l'enseignement en ligne, si nous voulons y voir autre chose qu'une mode destinée à être rapidement remplacée par une autre.

Deux précurseurs

L'enseignement en ligne est déjà ancien et il a deux précurseurs, l'enseignement par correspondance et l'enseignement assisté par ordinateur. Le premier proposait aux élèves géographiquement isolés de communiquer avec leurs enseignants en utilisant la vieille technique du courrier postal. Le second proposait aux élèves d'une même classe des exercices différents adaptés à chacun d'eux et corrigés non pas une semaine plus tard (le temps nécessaire à l'enseignant pour corriger leurs copies avant de les rendre), mais en temps réel, à l'instar d'un correcteur orthographique d'un logiciel de traitement de texte qui signale les erreurs non pas une fois le texte rédigé, mais au cours même de sa rédaction. Cette instantanéité de

la correction permet aux élèves de progresser plus vite, car plus tôt ils comprennent leur erreur plus vite ils la corrigent. Mais elle leur permet aussi et surtout de progresser davantage, car ils sont informés d'une erreur commise lors d'un exercice sur lequel ils sont encore concentrés.

Bien avant l'enseignement en ligne, l'enseignement par correspondance et l'enseignement assisté par ordinateur relativisaient déjà deux principes fondamentaux de l'enseignement, tel qu'on le concevait depuis le XIX^e siècle : l'unité de lieu - l'enseignant et les élèves doivent être dans la même salle de classe - et l'unité d'action - dans cette même classe, les élèves doivent tous faire la même chose.

L'enseignement en ligne est né de la confluence de ces deux modes d'enseignement : dès que les ordinateurs et les liaisons réseaux sont devenus suffisamment bon marché pour que chaque élève puisse posséder son propre ordinateur et que les ordinateurs personnels ont été mis en réseau (ce qui, bien que les ordinateurs datent des années 1940 et les réseaux des années 1960, ne s'est produit qu'au début des années 1990), le courrier électro-

nique a pu remplacer le courrier postal dans l'enseignement par correspondance et l'enseignement assisté par ordinateur a pu être dispensé à distance.

Deux évolutions récentes

Parmi les nombreuses évolutions techniques qui ont, par la suite, transformé l'enseignement en ligne, deux sont particulièrement importantes : la vidéo et les réseaux sociaux. La vidéo, qui, dans l'enseignement en ligne, a partiellement remplacé les cours écrits, a permis aux élèves de suivre un cours en fournissant un effort de représentation bien moindre, de la même manière qu'un film de fiction demande un effort de représentation moins important que celui que requiert un roman, car le film permet au spectateur de visualiser un paysage ou un personnage, alors qu'une description écrite exige du lecteur un véritable effort d'imagination.

Les réseaux sociaux ont, quant à eux, permis la communication entre les élèves, et non plus exclusivement entre les élèves et leurs enseignants. Cela a permis de recréer un sentiment d'apprendre et de progresser ensemble, qui, même lorsque les élèves font des exercices différents, joue un rôle essentiel dans le maintien de leur motivation dans la durée. Mais, surtout, les réseaux sociaux ont permis à l'enseignement en ligne de répondre - enfin ! - à la soif de connaissance de nos contemporains en permettant aux enseignants de s'adresser à plusieurs dizaines de milliers d'étudiants à la fois, en mobilisant une idée qui - elle non plus - n'est pas nouvelle, l'éducation mutuelle.

Au fil de son histoire, l'éducation mutuelle a pris des formes très diverses, qui vont de la promotion d'étudiants au statut d'enseignant dans les périodes de disette budgétaire, à la démarche pédagogique, qui consiste, lorsqu'un élève pose une question, à retourner celle-ci à toute la classe, que ce soit pour inciter l'ensemble des élèves à une réflexion collective ou simplement pour soulager l'enseignant du fardeau de devoir répondre à toutes les questions. Les forums des cours en ligne permettent aux étudiants de poser des questions auxquelles d'autres élèves peuvent répondre, l'enseignant n'étant sollicité que lorsque les étudiants ne parviennent pas à élaborer collectivement une réponse à la question posée.

On peut rétrospectivement se demander pourquoi les cours en amphithéâtre ont longtemps été limités à quelques centaines d'étudiants. Il y avait, bien entendu, d'abord un problème de géométrie : comme l'impossibilité de disposer dans les théâtres, voire dans les stades, dix mille étudiants dans l'espace de façon à ce qu'ils voient et entendent un même et unique enseignant. Mais il y avait aussi un problème d'organisation : dès lors que le nombre des étudiants dépasse quelques centaines, un enseignant (et même une petite équipe d'enseignants) est dans l'impossibilité de répondre à toutes leurs questions et de corriger leurs erreurs. Le premier de ces problèmes est résolu par l'abolition de l'unité de lieu : si chaque étudiant « voit » l'enseignant au travers d'une fenêtre de son ordinateur, la limite du nombre de places dans un amphithéâtre n'existe plus. Le second est, quant à lui, résolu par

l'enseignement mutuel : si chaque étudiant répond aux questions et corrige les erreurs de son voisin, il n'y a plus de limite au nombre d'étudiants susceptibles de suivre un même cours.

C'est donc ce principe de l'éducation mutuelle qui a permis à l'enseignement en ligne d'être davantage que la somme d'un enseignement à distance et d'un enseignement assisté par ordinateur et de pouvoir répondre à la soif de connaissance qui caractérise notre époque.

Un paysage varié

L'enseignement en ligne trouve sa place dans un mouvement plus vaste qui comprend aussi la mise en ligne de ressources pédagogiques, tels des cours filmés, des photocopiés, des feuilles d'exercices, et la mise en ligne d'éléments de connaissance qui, même si ce ne sont pas des cours à proprement parler, contribuent, à leur manière, à la diffusion des connaissances : les conférences filmées, les bibliothèques en ligne, les encyclopédies en ligne...

D'ailleurs, l'enseignement en ligne est sans doute un *medium* intermédiaire entre l'enseignement présentiel et la conférence filmée : un cours en ligne est aujourd'hui souvent plus bref et moins approfondi qu'un cours à l'université, et sa réception par les étudiants est plus réduite et encore moins approfondie, puisque dans leur grande majorité les élèves interrompent leur participation avant la fin du cours, que ce soit par manque de motivation, ou simplement parce que certains ont, à un moment donné, le sentiment d'avoir appris suffisamment de choses sur un sujet donné, quitte à s'y ré-intéresser plus tard, stratégie que nous déployons tous, à l'exception peut-être des émules de Bouvard et Pécuchet, dont le manque de recul par rapport à ce qu'ils apprennent n'a d'égal que leur soif de connaissance.

Une conférence filmée, prise isolément, relève traditionnellement davantage du domaine de la vulgarisation - ou de la médiation - que du domaine de l'enseignement, car apprendre demande non seulement d'écouter, mais aussi de faire par soi-même, de se tromper et de corriger ses erreurs. Mais l'abondance de conférences filmées et leur référencement entre elles et avec d'autres objets, tels que des entrées d'encyclopédies ou des cours en ligne, constituent davantage qu'une vulgarisation, car l'auditeur peut alors naviguer de ressource en ressource et commencer à construire son propre parcours au sein de cet océan de connaissances. Cela fait disparaître la frustration que nous avons tous ressentie un jour en assistant à une conférence de vulgarisation : nous souhaiterions en apprendre davantage, oui mais voilà la conférence est déjà terminée...

Ainsi, l'enseignement en ligne, la mise en ligne de ressources pédagogiques, mais aussi la mise en ligne d'autres objets, tels que des conférences, des livres, des encyclopédies... - qui participent à la circulation des connaissances -, peuplent l'interstice qui a longtemps séparé la vulgarisation de l'enseignement. Il devient désormais possible de commencer à s'intéresser à un sujet en lisant un article de vulgarisation, puis de rechercher

davantage d'informations en consultant une encyclopédie en ligne qui nous mènera ensuite à une conférence filmée, à un livre, à un article de recherche, à un cours en ligne..., lesquels nous mèneront peut-être à leur tour sur les bancs de l'université, notamment si nous voulons acquérir des connaissances en vue, par exemple, d'exercer un nouveau métier.

L'enseignement en ligne ne peut donc pas être pensé de manière isolée, mais il doit être conçu dans ce paysage riche et divers qui va de la vulgarisation à l'enseignement, cette diversité étant la seule réponse possible à la diversité des attentes des personnes qui cherchent à apprendre.

Contrairement à ce que prophétisaient et redoutaient certains, l'enseignement en ligne n'a fait disparaître ni l'école ni l'université, de la même manière que le cinéma n'a pas fait disparaître le spectacle vivant - même si cet enseignement en ligne les a contraintes à se transformer et à se redéfinir : les personnes scolarisées, élèves et étu-

dants, ne constituent d'ailleurs qu'une part infime de son public, et il est avéré que l'on n'apprend bien en ligne que si l'on sait déjà apprendre tout court.

En revanche, avec d'autres processus homologues, l'enseignement en ligne a profondément transformé notre rapport à la connaissance en nous ouvrant la possibilité d'explorer des contrées nouvelles à chaque moment de notre vie, d'acquérir des connaissances utiles ou désintéressées, et de contribuer à leur diffusion. Ce rapport sain à la connaissance, naguère réservé aux chercheurs qui apprennent en lisant des articles, en assistant à des séminaires, en discutant avec leurs collègues et, aussi, en retour, avec leurs étudiants, peut désormais être celui de chacune et de chacun.

Gageons que cette transformation de notre rapport à la connaissance, comme jadis à l'écriture, à l'alphabet et à l'imprimerie, provoquera d'autres transformations de nos sociétés désormais plus savantes.

FUN, une plateforme de MOOCs au service des établissements d'enseignement supérieur

Par Catherine MONGENET
Professeur d'université

Arrivés des États-Unis en 2012, les MOOCs (*Massive Online Course*, ou Cours en Ligne Ouvert Massif, CLOM) ont, dès 2013, suscité un fort intérêt en France. Cet intérêt se situe dans un contexte plus large, celui de la transformation numérique de l'enseignement supérieur. Soucieux d'accompagner cette transformation, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a défini, la même année, sa stratégie numérique, dont l'une des actions est la mise en place d'une plateforme de MOOCs pour les établissements de l'enseignement supérieur et de la recherche (ESR). Cette plateforme, baptisée FUN (France Université Numérique), a vu le jour en octobre 2013. Elle a rapidement rencontré un succès tant auprès des établissements qui ont hébergé un nombre grandissant de MOOCs sur la plateforme, qu'auprès des apprenants, qui se sont inscrits en nombre. Ce succès a conduit le ministère à transférer le projet FUN aux institutions mobilisées autour du projet dans le cadre d'une structure publique indépendante, le groupement d'intérêt public (GIP) FUN-MOOC. Dans cet article, nous présenterons le projet, sa genèse et ses évolutions, ainsi que les perspectives de son développement.

Le numérique au cœur des transformations de l'enseignement supérieur

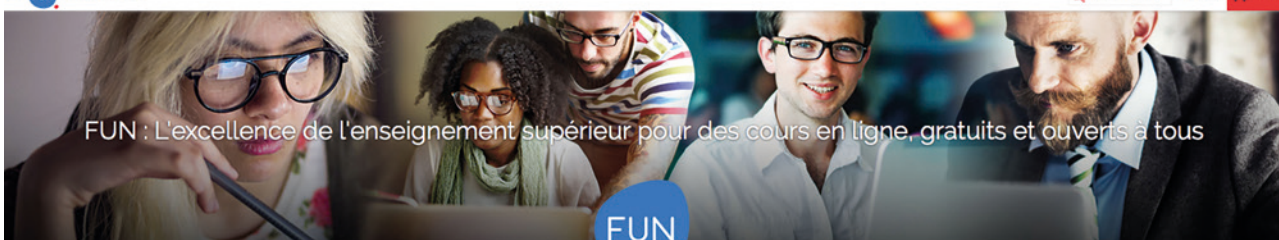
Le numérique, qui a impacté de nombreux secteurs d'activité ces dernières années, bouleverse également le secteur de l'éducation, et tout particulièrement celui de l'enseignement supérieur. Avec l'accès généralisé à l'information et aux ressources libres et un public qui s'élargit et exprime des besoins de formation tout au long de la vie (formation initiale, salariés en formation continue, adultes en attente de reconversion, individus de tous âges ayant soif de connaissances...), le numérique constitue aujourd'hui pour l'enseignement supérieur une innovation de rupture qui impose aux établissements d'évoluer dans leur rôle d'opérateurs de formation. Pour accompagner ces changements profonds, le ministère de l'Enseignement supérieur a mis, dès 2013, le numérique au cœur de son projet stratégique.

L'ambition du ministère est d'accompagner les acteurs de l'enseignement supérieur dans la réalisation de leur ambition numérique, de renforcer l'usage du numérique dans les formations tant en formation initiale qu'en formation tout au long de la vie et en formation continue, de

rendre disponible en ligne une offre ambitieuse donnant ainsi davantage de visibilité nationale et internationale, en particulier au niveau de la Francophonie, à l'offre française de formations.

Au sein des institutions d'enseignement supérieur, le numérique couvre un ensemble de sujets allant des infrastructures à l'état de l'art, d'un système d'information performant au développement de contenus et de services numériques innovants, en passant par l'évolution des formations avec et par le numérique et par l'impact du numérique dans les problématiques de construction et de rénovation des bâtiments universitaires. Au niveau des formations, il permet la mise à disposition de ressources pédagogiques, l'enrichissement des formations en « présentiel », le développement de formations hybrides et la mise en place de formations en ligne, facilitant ainsi la réussite des étudiants et apportant une meilleure réponse à leurs besoins de la formation tout au long de la vie.

C'est bien l'ensemble de ces sujets que le ministère a abordé dans sa stratégie numérique de l'enseignement supérieur élaborée en 2013, dont l'une des actions phare a été la mise en place d'une plateforme de MOOCs.



Les cours à la une

<p>NOUVEAU COURS</p> <p>Fabriquer un objet connecté</p> <p>Institut Mines-Télécom</p> <p>Début le 12 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>NOUVEAU COURS</p> <p>Bases en épidémiologie des maladies animales</p> <p>Agriperium</p> <p>Début le 20 Oct 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>NOUVEAU COURS</p> <p>Internet Measurements: a Hands-on Introduction</p> <p>INRIA</p> <p>Début le 23 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>SESSION 4</p> <p>Fondamentaux pour le Big Data</p> <p>Institut Mines-Télécom</p> <p>Début le 02 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>
<p>NOUVEAU COURS</p> <p>Anatomie du Bois</p> <p>Université de Lorraine</p> <p>Début le 30 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>SESSION 2</p> <p>Innovater et entreprendre dans un monde numérique</p> <p>Institut Mines-Télécom</p> <p>Début le 03 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>SESSION 3</p> <p>Cartélier une épidémie de maladies infectieuses émergentes</p> <p>Université Sorbonne Paris Cité</p> <p>Début le 18 Apr 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>SESSION 2</p> <p>Routing et qualité de service dans l'Internet</p> <p>Institut Mines-Télécom</p> <p>Début le 26 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>
<p>NOUVEAU COURS</p> <p>ProteinNOV: Problèmes végétales et Innovation</p> <p>AgriScap Dijon</p> <p>Début le 23 May 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>NOUVEAU COURS</p> <p>La gouvernance territoriale</p> <p>Centre national de la fonction publique territoriale</p> <p>Début le 18 Apr 2016</p> <p>En savoir plus</p>	<p>Tous les cours</p>	

Figure 1 : Page d'accueil de la plateforme FUN.

La genèse de la plateforme FUN

Au printemps 2013, certains experts universitaires considéraient qu'il est urgent de positionner la France dans le secteur en forte émergence des MOOCs, où la *leadership* pris par les États-Unis avec les plateformes Coursera, Udacity ou EdX (pour ne citer que les plus visibles dans le secteur de l'enseignement supérieur) est incontestable.

Si quelques établissements français (École Normale Supérieure, École polytechnique, Centrale Paris, HEC) s'engagent fin 2012 dans un partenariat avec Coursera⁽¹⁾, les autres établissements mobilisés sur le sujet des MOOCs sont plutôt en attente d'une solution technique mutualisée qui hébergerait les MOOCs des universités et des grandes écoles françaises et qui serait respectueuse de la confidentialité des données des apprenants et de leur stratégie éditoriale. Une telle plateforme leur donnerait ainsi davantage de visibilité à l'international, en particulier dans le monde de la Francophonie. Ils sont par ailleurs conscients qu'un établissement ne peut à lui seul assumer une telle plateforme avec la qualité de services requise et que leur mission première est de concentrer leurs efforts sur la production de MOOCs.

L'objectif est donc de mettre à la disposition de la communauté universitaire une plateforme de MOOCs assurant la robustesse, la fiabilité, la maintenance 24/24-7/7 et la bande passante suffisante pour des milliers (voire des dizaines de milliers) de connexions simultanées. Une telle solution mutualisée permet d'optimiser les coûts d'ingé-

nierie, d'infrastructures et de maintenance et de fédérer ainsi les projets de MOOC en cours dans de nombreux établissements.

C'est ainsi que, fin juin 2013, le projet FUN (France Université Numérique) naît de la rencontre entre la volonté de la ministre, Mme Geneviève Fioraso, et d'une demande émanant de quelques établissements pionniers dans le domaine. Dès lors, l'ambition affichée par le ministère est forte : lancer, dès octobre 2013, une plateforme de MOOCs de référence en France et dans le monde francophone permettant de fédérer les initiatives des établissements d'enseignement supérieur qui le souhaitent. Il s'agit de répondre aux besoins grandissants de formation exprimés par un large public (étudiants, salariés, demandeurs d'emplois, retraités), en France et à l'international, tant en formation initiale qu'en formation tout au long de la vie.

La technologie retenue est la solution *open source* Open edX rendue publique le 1^{er} juin 2013 par le *consortium* edX⁽²⁾.

(1) Coursera est une organisation à but lucratif fondée en Californie, en avril 2012, par d'anciens professeurs de Stanford (<https://www.coursera.org/>). Elle propose une plateforme de MOOCs qui agrégeait (en mars 2016) plus de 1 800 cours proposés par 140 établissements d'enseignement supérieur partenaires.

(2) EdX est une organisation à but non lucratif créée par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) et l'Université Harvard en 2012. En mars 2016, la plateforme edX (<https://www.edx.org/>) comptait 46 universités partenaires et proposait déjà plus de 650 cours.



Photo © Nicolas Tavernier/REA

Conférence de presse de Mme Geneviève Fioraso, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, lors du lancement de la plateforme FUN (France Université Numérique), janvier 2014.

« La plateforme FUN (<https://www.fun-mooc.fr/>) est lancée en octobre 2013, et ses premiers cours démarrent en janvier 2014. »

Un ensemble d'acteurs mobilisés, un calendrier serré

L'objectif du ministère étant de conduire ce projet dans des délais serrés, un ensemble d'acteurs publics a été mobilisé : l'INRIA (Institut national de recherches en informatique et en automatique) pour l'applicatif, le CINES (Centre informatique national de l'enseignement supérieur) pour l'hébergement de l'infrastructure technique et Renater pour les aspects réseaux.

Le projet a également bénéficié d'une assistance à la maîtrise d'ouvrage apportée par le Secrétariat général pour la modernisation de l'action publique (SGMAP), et de l'implication d'un réseau d'experts universitaires français. Les travaux démarrent en juillet 2013. Riche des 25 premiers MOOCs réalisés par 10 établissements français (5 universités et 5 écoles d'ingénieurs), la plateforme FUN (<https://www.fun-mooc.fr/>) est lancée en octobre 2013, et ses premiers cours démarrent en janvier 2014 (voir la Figure 1 de la page précédente).

Une communauté active

Dès septembre 2013, les établissements de l'ESR ont été sollicités pour désigner des acteurs impliqués dans le projet FUN : un référent politique (souvent le vice-président ou le chargé de mission numérique) et un correspondant fonctionnel (souvent le responsable du service d'appui au

numérique). L'ambition a été, dès le lancement de la plateforme, de créer un réseau autour du projet, d'identifier des relais dans les établissements, de tisser des relations avec cette communauté au travers de séminaires, de sessions de formation, d'échanges de bonnes pratiques, du partage de documents *via* un espace collaboratif (guide méthodologique, modes opératoires, fiches de procédures, fiche de bonnes pratiques, charte qualité, documents liés aux enjeux juridiques...). Aujourd'hui, l'équipe FUN entretient d'étroites relations avec 250 référents et correspondants dans 180 établissements, auxquels s'ajoute un réseau grandissant comptant aujourd'hui plus de 500 concepteurs.

Au fil des mois, des événements participatifs ont contribué à renforcer cette communauté. Ainsi, deux MOOCAMPS ont été organisés en 2014, le premier a eu lieu à Paris et le second événement s'est déroulé simultanément dans sept villes. Ces MOOCAMPS ont réuni plus de 700 participants (des étudiants, des enseignants, des experts et des passionnés de l'enseignement), qui ont travaillé en équipes pour scénariser des projets de MOOC. En 2015, l'équipe FUN a organisé un événement technique, un *hackathon* Open edX, simultanément sur huit sites français : l'objectif était de réunir des développeurs et des *designers* afin de susciter développement participatif et innovation autour de la technologie Open edX.

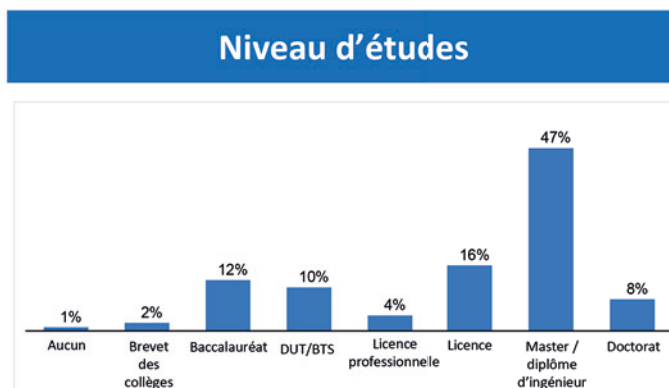
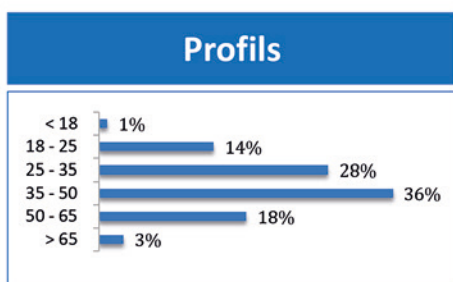


Figure 2.

Un premier bilan du projet FUN deux ans après son lancement

Le projet FUN a rapidement remporté l'adhésion des établissements. Ainsi, en mars 2016, plus de 190 MOOCs différents étaient disponibles sur la plateforme, totalisant plus de 280 sessions de cours et émanant de 70 institutions d'enseignement supérieur, dont 4 universités francophones (Université de Genève, Université Libre de Bruxelles, Universités de Jendouba et de Sousse, en Tunisie). Ces MOOCs couvrent des domaines d'étude variés : droit, santé, numérique, sciences, sciences humaines et sociales, management et entrepreneuriat, environnement et développement durable, relations internationales et formation. En avril 2016, plus de 657 000 internautes sont inscrits sur la plateforme et, ensemble, les MOOCs ont totalisé plus de 1 740 000 inscriptions.

Des apprenants aux profils très divers

Les apprenants inscrits sur la plateforme présentent des profils très divers tant en ce qui concerne leur âge qu'en ce qui concerne leur niveau d'études (voir la Figure 2 ci-dessus). La répartition géographique des apprenants (voir la Figure 3 ci-dessous) montre que 17 % des inscrits viennent du continent africain (principalement du Maghreb et de l'Afrique francophone sub-saharienne). Ce chiffre augmente régulièrement (il était de 12 % à l'automne 2014, et de 15 % au printemps 2015), démontrant l'impact de la plateforme FUN au niveau de la Francophonie.

Des collections et des parcours

La stratégie éditoriale des établissements évolue au fil des mois. Ainsi, des collections de plusieurs MOOCs ont été construites sur FUN, apportant un ensemble cohérent de compétences à l'image des quatre MOOCs *Compétences*

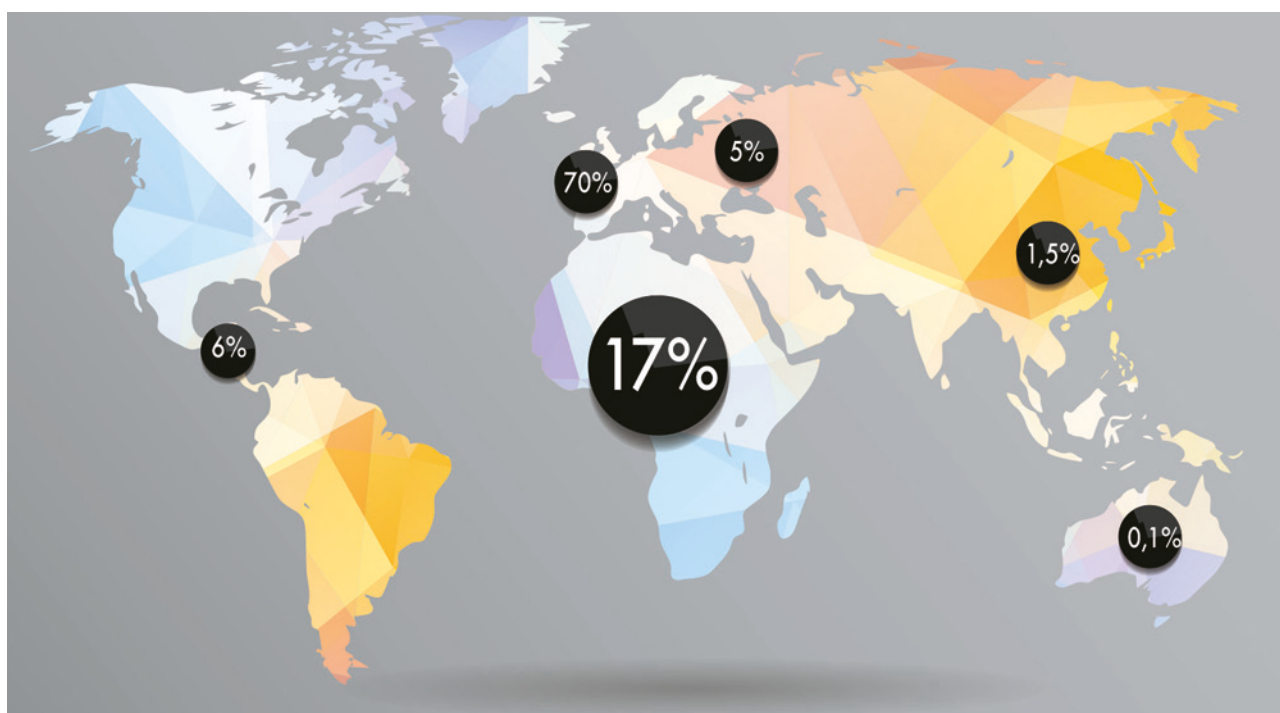


Figure 3 : Répartition géographique des apprenants inscrits sur la plateforme FUN.

numériques et C2i ou de la collection de MOOC *Enseigner et former avec le numérique* portée par l'ENS Cachan en partenariat avec plusieurs autres institutions.

Plus récemment sont apparus les parcours : un ensemble de MOOCs constituant un parcours de formation (avec une progressivité dans les apprentissages, les compétences acquises dans le premier MOOC du parcours étant un prérequis pour pouvoir passer au suivant).

Ainsi, l'Institut Mines Télécom a créé un parcours de trois MOOCs autour de la *fabrication numérique* visant à maîtriser l'ensemble des étapes de la fabrication d'objets connectés tels qu'ils sont produits dans les FabLabs. Le second exemple de parcours est celui créé par l'Université de Lyon 3, qui propose deux MOOCs autour des *processus métiers (cartographie et pilotage)* et qui incite les apprenants intéressés à poursuivre leur apprentissage par un encadrement en présentiel spécifique qui les conduira à l'obtention d'un diplôme d'université (DU) de Lyon 3.

La création du groupement d'intérêt public (GIP)

Le projet FUN a démarré comme un projet incubé au sein du ministère en mode agile, selon un dispositif que certains ont qualifié de *start-up* d'État.

Lorsqu'au printemps 2014, le succès a été au rendez-vous, le ministère a souhaité transférer la plateforme à une structure indépendante ayant vocation à la gérer, à la faire évoluer et à développer de nouvelles activités. Il a donc incité les acteurs de l'enseignement supérieur impliqués dans le projet à se structurer pour créer une structure *ad hoc*. En mai 2014, un appel à manifestation d'intérêt a été lancé, auquel un *consortium* de 21 institutions a répondu fin 2014, avec pour objectif la création d'un groupement d'intérêt public (GIP).

La ministre, Mme Geneviève Fioraso, ayant donné son accord à la proposition début mars 2015, le *consortium* a finalisé le projet entre mars et juin 2015 en définissant les statuts du groupement, son mode de gouvernance, son modèle économique et ses axes de développement.

Le GIP baptisé FUN-MOOC a été créé en août 2015, avec 7 premiers membres, rejoints par 22 nouveaux membres à l'automne 2015. Le GIP est aujourd'hui constitué de 29 membres : 15 ComUEs (Communautés d'universités et d'établissements) qui recouvrent une grande partie du territoire français, 8 universités, l'Institut Mines Télécom, l'IAVFF (Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France), l'ADEME, le CNFPT (Centre national de la Fonction publique territoriale), la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris Île-de-France et l'INRIA.

Perspectives de développement

Tout en continuant à développer la plateforme FUN et à y promouvoir davantage de cours ouverts et gratuits, le GIP et ses membres ambitionnent aujourd'hui de développer de nouveaux services qui soient à même de générer des recettes. Ces services se structurent autour de trois axes : la certification, le renforcement de l'usage des cours sous

forme de SPOC (*Small Private Online Courses*) pour des publics identifiés, au travers, le cas échéant, d'une plateforme en marque blanche et le développement de partenariats avec le monde socio-économique.

La certification

La certification est très attendue tant des apprenants que des établissements. Elle consistera à mettre en place un dispositif numérique de surveillance d'examens (*proctoring* en anglais). Tout apprenant qui le souhaitera pourra s'y inscrire et obtenir, s'il satisfait les conditions de réussite, un certificat délivré par l'établissement responsable du MOOC. Certains établissements envisagent d'ores et déjà d'associer des crédits ECTS à l'obtention d'un tel certificat, ce qui renforcera encore ce dispositif. Après une phase d'expérimentation de plusieurs établissements, la certification a été mise en place sur FUN fin mars 2016, et les premiers certificats seront délivrés en mai de la même année.

Les perspectives de développement des SPOC

Dès le début du projet, certaines universités ont souhaité utiliser leurs MOOCs au bénéfice de leurs propres étudiants, sur leurs campus, en les incitant à suivre un MOOC en complément voire en remplacement du cours magistral, mettant ainsi la notion de *classe inversée* au cœur de leurs pratiques pédagogiques. Cette pratique commence à se généraliser y compris l'utilisation dans une institution en classe inversée de MOOCs produits par d'autres institutions.

Les MOOCs suscitent également l'intérêt du monde socio-professionnel, des entreprises et des DRH. Depuis le début de 2016, certains MOOCs hébergés sur FUN sont également mis à disposition, à des fins de formation professionnelle, sous la forme de SPOC sur une plateforme Open edX dédiée et opérée par l'équipe FUN, voire sur une plateforme en marque blanche paramétrée pour répondre aux besoins spécifiques de l'entreprise intéressée (en particulier, en matière de charte éditoriale et d'accès aux données d'apprentissage des salariés).

Le développement de partenariats

Aujourd'hui, FUN est à la fois un hébergeur et un animateur de communautés, mais il développe également un rôle de facilitateur entre le monde socioéconomique - qui exprime des besoins de formations professionnelles - et le monde académique, qui lui est susceptible de proposer ces formations. C'est ainsi que FUN a signé début 2015 un accord de partenariat avec l'OPCALIM (l'organisme paritaire collecteur agréé des industries alimentaires).

L'objectif de l'OPCALIM est de renforcer les compétences des salariés de ses entreprises adhérentes et il souhaite, à ce titre, les inciter à se former *via* des MOOCs. Dans le cadre de la convention de partenariat, FUN a accompagné l'OPCALIM dans l'expression de ses besoins en formation dans un cahier des charges, puis il a diffusé l'appel à projets *via* le réseau FUN. L'établissement retenu pour réaliser le premier MOOC répondant aux besoins de l'OPCALIM a été l'Université de Caen : le cours est disponible depuis début mars pour une première session pilote

en SPOC, et il sera ouvert sous la forme d'un MOOC sur FUN, à l'automne 2016.

Un deuxième partenariat a été signé avec la conférence des ITII (Institut des techniques d'ingénieur de l'industrie) pour la production d'une collection de MOOCs autour des fondamentaux des métiers de l'ingénieur. L'appel à projets est en cours.

D'autres partenariats de nature technologique se tissent avec l'écosystème de l'innovation, à l'image du projet EIFFELa (Expérience innovante sur FUN pour des formations en ligne accessibles), lauréat de l'appel à projets IDEFI-Numérique. En partenariat avec cinq *start-ups* et une dizaine d'universités et écoles, FUN ambitionne à travers ce projet de fédérer autour de la plateforme un ensemble d'acteurs publics et privés afin de développer un nouvel écosystème de production de MOOCs qui, d'une part, permette une expérience utilisateur enrichie favorisant les interactions et la mise en place de dispositifs d'apprentissage personnalisés et qui, d'autre part, mette ces nouvelles formes de formation en conformité avec les normes actuelles d'accessibilité.

Le développement à l'international

Les MOOCs permettent aussi aux établissements de renforcer leur visibilité nationale et internationale et de développer de nouvelles collaborations. Si les universitaires et les laboratoires ont tissé depuis longtemps des partenariats de recherche avec des collègues francophones du Nord comme du Sud, les MOOCs leur offrent l'opportu-

nité de renforcer ces partenariats dans le domaine de la formation.

Ils permettent ainsi le développement de cours riches des expériences croisées et contribuent à apporter une réponse aux besoins de formation dans les pays francophones du Sud, où l'explosion démographique du nombre d'étudiants rend le numérique incontournable. Parmi les premiers exemples vertueux illustrant ces évolutions, le MOOC *Désir d'Entreprendre* du Conservatoire national des Arts et Métiers (CNAM) est tout à fait emblématique. Le CNAM et quatre universités marocaines ont conclu des accords de partenariat permettant d'intégrer dans le cursus de plus de 2 000 doctorants ce cours diffusé sous forme de SPOC disponible sur la plateforme FUN. L'équipe du CNAM a travaillé avec ses partenaires marocains pour adapter le cours aux besoins spécifiques de leurs étudiants et a formé les équipes marocaines qui accompagnent les doctorants dans l'utilisation de ces cours.

En conclusion

Concrétisée depuis deux ans, FUN, la plateforme de MOOCs, a créé une réelle dynamique dans les établissements et a suscité un réel intérêt aussi bien auprès du grand public que du monde socio-économique. Les pistes de développement du GIP sont prometteuses tant du côté des services aux apprenants, *via* la certification, que du côté des services aux entreprises et autres acteurs du monde socio-économique. Elles permettront d'en renforcer le modèle économique et, par là même, la pérennité.

De Lausanne à Yaoundé : l'aventure des MOOCs

Pratiques et recherche sur les MOOCs, à Lausanne et en Afrique francophone

Par Dimitrios NOUKAKIS, Gérard ESCHER et Patrick AEBISCHER
École polytechnique fédérale de Lausanne

La révolution digitale transforme les universités. Les cours massifs en ligne (MOOCs) ouverts, gratuits et produits par les meilleures universités en sont une expression majeure. Nous rendons compte ici d'un programme original de MOOCs déployés en Afrique et coproduits en partie par l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et des partenaires universitaires africains. En deux ans, 54 000 inscriptions nous sont parvenues de résidents d'Afrique, parmi lesquelles 17 000 ont réellement été actives, émanant pour les deux tiers de jeunes en formation, et pour un tiers d'adultes en formation continue. Au travers d'une meilleure acquisition de compétences par une plus large base d'apprenants, notre programme MOOCs pour l'Afrique - en collaboration avec les partenaires académiques du continent africain - vise à combler le manque de personnels qualifiés dans des domaines clés pour les économies émergentes.

Introduction

Début 2012, le monde globalisé de l'éducation supérieure et des grands médias internationaux s'agite suite à l'éclosion soudaine d'un mouvement d'ampleur planétaire auquel les grandes universités d'élite américaines ont donné le jour : les MOOCs, *Massive Open Online Courses* (en français CLOM, cours en ligne ouverts et massifs).

Dès 2013, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) lance son programme MOOCs pour l'Afrique, dont l'objectif est le renforcement des capacités et l'amélioration de l'enseignement supérieur en Afrique dans le domaine des STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques). Ce programme est le fruit d'un partenariat public-privé entre l'EPFL, la direction du développement et de la coopération suisse (DDC) et les Fondations Edmond de Rothschild. Il s'appuie sur les institutions membres du RESCIF (Réseau d'excellence des sciences de l'ingénieur de la Francophonie), ainsi que sur certaines universités africaines.

Des campus globaux à l'ère de l'Internet

La révolution digitale pousse les universités à la globalisation. Or, les MOOCs donnent une visibilité mondiale aux meilleures universités. Dans ce contexte, deux facteurs contribuent au succès des MOOCs ⁽¹⁾. Tout d'abord, la

technologie est au point, grâce à un usage généralisé de tablettes et de terminaux de poche (*smartphones*) et à une pénétration des bandes passantes rapides sur tous les continents. Ensuite, la génération actuelle des étudiants est celle de natifs du numérique (*digital natives*) à l'aise avec l'omniprésence des réseaux sociaux et considérant l'écran comme un banal moyen de communication personnel et professionnel.

Le nombre de participants aux MOOCs et celui des universités qui les produisent ne cessent d'augmenter. Ainsi, Coursera, une des toutes premières plateformes MOOCs, qui, en avril 2014, pouvait se prévaloir de 7 millions d'étudiants, en compte aujourd'hui le double. Les MOOCs permettent à une université d'atteindre très rapidement une audience globale : ainsi, l'École polytechnique fédérale de Lausanne, qui compte 10 000 étudiants sur son campus, a aujourd'hui plus d'un million de participants MOOCs enregistrés à l'échelle du globe. Parmi ceux-ci, 58 000 étudiants (en mars 2016) ont passé des examens (voir la Figure 1 de la page suivante).

(1) AEBISCHER (P.) & ESCHER (G.), Can the IT revolution lead to a rebirth of world-class European universities?, WEBER (L.) & DUDERSTADT (J.) (Ed.), London. *Economica: Preparing Universities for an Era of Change*, 2013.



Figure 1 : Campus Global - Image du campus EPFL avec la localisation des 58 000 étudiants MOOCs ayant obtenu un certificat.

Le programme « MOOCs pour l'Afrique »

Un renforcement des capacités de l'enseignement supérieur en Afrique

Les MOOCs s'insèrent dans un paysage académique débordant déjà d'initiatives de « *e-learning* » et de formation à distance. Ainsi, l'Université Virtuelle Africaine organise des formations à distance depuis plus de quinze ans, et des programmes hybrides mélangeant du télé-enseignement et des séjours sur campus en présence des enseignants font partie de l'offre éducative de plusieurs institutions africaines. Dans le paysage académique des pays africains francophones, si le « numérique éducatif » est très présent dans les esprits, il est en revanche peu pratiqué dans les institutions. Dans ce contexte, la nouveauté des MOOCs ne s'imposait pas de prime abord. En particulier, les avantages de l'interactivité et du partage de connaissances à travers les forums et les réseaux sociaux étaient difficiles à cerner pour une communauté qui n'était, somme toute, que très faiblement connectée à la Toile mondiale.

En rendant des cours EPFL accessibles aux enseignants et aux étudiants, le programme « MOOCs pour l'Afrique » vise à contribuer à l'effort déployé par des universités africaines pour mettre à niveau leur matériel pédagogique. Les MOOCs peuvent également être un élément de réponse aux besoins importants de formation supérieure dans ces pays et aux questions soulevées par leur rapide croissance. Ainsi, le nombre d'étudiants en Afrique francophone s'est accru, passant de 800 000 en 2004 à 2 millions en 2015 ⁽²⁾. Cette croissance a été constatée dans la plupart des pays africains.

Afin de faciliter leur déploiement, les MOOCs ont été présentés et discutés dans les différents campus africains.

En parallèle, de nombreux enseignants des institutions partenaires ont été invités à l'EPFL pour se former à l'usage des MOOCs qu'elle produit et à les intégrer dans leur enseignement sous la forme de cours complets ou de modules choisis.

Des MOOCs collaboratifs Nord-sud

Afin de cibler au mieux les besoins des universités africaines, nous avons en outre créé des *MOOCs collaboratifs* Nord-sud. Cela a été rendu possible grâce notamment à la participation des institutions du RESCIF ⁽³⁾.

De tels MOOCs construits conjointement par plusieurs enseignants sous la direction d'un de leurs pairs permettent aux enseignants de se rencontrer et d'échanger au sujet de la conception pédagogique de leurs cours. Bien que nécessitant d'importants efforts de coordination, ils permettent l'élaboration d'un matériel éducatif de qualité et favorisent la dissémination et l'utilisation de son contenu. En outre, ils permettent de s'appropriier l'outil pédagogique, de former les esprits à l'Internet et de tenir compte des réalités locales de la technologie (connectivité, en particulier).

L'amélioration des compétences professionnelles

Si les MOOCs ont en eux le potentiel de transformer l'enseignement supérieur, ils ont déjà révolutionné la formation des adultes. Des formations courtes ont émergé, qui

(2) ESCHER (Gérard), NOUKAKIS (Dimitrios) and AEBISCHER (Patrick), "Boosting Higher Education in Africa through Shared Massive Open Online Courses (MOOCs)", in Education, Learning, Training: Critical Issues for Development, *International Development Policy series n°5*, Geneva: Graduate Institute Publications, Boston: Brill-Nijhoff, 2014, pp. 195–214.

(3) Réseau d'excellence des sciences de l'ingénieur de la Francophonie : <http://www.rescif.net/>

sont très prisées par le monde du travail : par exemple, la plateforme californienne Udacity offre des *nano-degrees* sanctionnant des formations courtes sur un sujet spécialisé offrant de bonnes perspectives sur le marché de l'emploi, des formations qui peuvent être suivies en ligne et réalisées dans un délai de 6 à 12 mois. En France, *OpenClassrooms* propose des « parcours » : des formations elles aussi courtes (d'une durée de 4 à 6 mois) qui ont pour objectif l'acquisition de compétences professionnelles. Dans les deux cas, ces formations sont payantes (abonnement mensuel), elles donnent droit à un accompagnement personnalisé et, au terme de la formation, à la délivrance d'un certificat.

Pour peu qu'ils soient adaptés aux conditions socioéconomiques des pays émergents, ces nouveaux modèles de formation des adultes élaborés dans les pays industrialisés peuvent apporter une réponse à une partie des problèmes liés aux qualifications de la main-d'œuvre locale. Les formations à l'aide de MOOCs ont l'avantage de leur accessibilité (aucun prérequis académique, paiement échelonné, rythme personnalisé) et d'offrir des cours de la même qualité que ceux dispensés en amphithéâtre dans les universités européennes ou américaines.

La participation active de partenaires académiques, industriels et institutionnels africains à ce type de formation continue nous paraît capitale : elle permet, d'une part, de construire des cursus de qualité autour d'objectifs d'apprentissage adaptés à l'environnement local et, d'autre part, d'impliquer les partenaires académiques locaux dans des activités génératrices de revenus permettant de pérenniser ces programmes.

Un projet pilote : les villes africaines

L'EPFL a lancé un premier projet pilote de formation continue en 2015 : une post-formation en « Gestion et planification de la ville africaine » à temps partiel en un ou deux ans. Chaque MOOC, validé par un examen « traditionnel » surveillé, donne droit à des crédits académiques de l'EPFL (typiquement 1 à 3). Ces examens surveillés sont organisés dans les Centres numériques francophones de l'Agence universitaire de la Francophonie. À l'obtention de douze crédits, un travail personnel est entrepris dans une université partenaire de proximité, conduisant à l'obtention d'un certificat d'études conjoint avec l'EPFL. Les premiers « certifiés » de ce programme sont attendus pour fin 2016.

Les résultats à ce jour du programme « MOOCs pour l'Afrique »

Au bout de trois ans d'activité, nous avons mesuré les résultats du programme (*outputs*) selon les deux axes d'activités principaux (élaboration de l'offre éducative et formation des enseignants), et également selon les deux axes d'impact recherchés (diffusion de contenus de qualité et post-formation des adultes).

Notre offre de MOOCs

À la fin 2015, l'EPFL avait produit et mis en ligne (sur les plateformes Coursera et edX) 46 MOOCs ⁽⁴⁾, dont 15 en anglais et 31 en français (28 sont de niveau Bachelor, 7 de niveau Master, 10 de « formation continue » et 1 de préparation aux études d'ingénieur). Cinq MOOCs ont été construits de manière collaborative en impliquant 21 enseignants de 13 institutions, huit autres MOOCs collaboratifs étaient déjà en production.

Un ancrage universitaire en Afrique

Le déploiement du programme s'appuie sur trente universités partenaires ou associées en Afrique. Plus d'une centaine d'enseignants ont été formés à l'approche pédagogique des MOOCs. L'ensemble forme un réseau d'écoles d'ingénieurs et d'UFR ⁽⁵⁾ de sciences et de technologie très impliquées dans l'utilisation des MOOCs comme outil pédagogique. Il s'agit également d'un magnifique projet d'expérimentation pédagogique, qui a le potentiel d'essaimer vers l'ensemble du paysage universitaire du continent africain.

L'audience africaine des MOOCs

Au 31 décembre 2015, l'EPFL comptait 1 100 000 inscrits à ses MOOCs, dont 54 000 inscriptions africaines identifiées grâce à leur adresse IP (*Internet Protocol*). Seuls 5 % des inscrits sont donc situés en Afrique, ce qui s'explique en grande partie par la plus faible pénétration de l'infrastructure et des réseaux sur le continent africain. En rapportant les inscrits au nombre des connexions à disposition, l'Afrique se révèle par contre être la région démontrant le plus grand appétit pour cet enseignement via les MOOCs (voir la Figure 2 de la page suivante).

La participation des jeunes et des femmes

Les deux tiers des participants actifs (dont l'âge est connu, soit 10 319 personnes) ont moins de 28 ans. Dans le reste du monde, cette proportion est de 46 %. 15 % ont moins de 21 ans et sont donc en début de carrière universitaire, et 51 % sont plus avancés dans leurs études. Le tiers restant (âgés de plus de 28 ans) est attribué à des participants désireux de suivre une formation continue. À noter encore que les moins de 28 ans s'intéressent surtout à des cours techniques (programmation informatique, notamment).

Si la proportion de femmes est en constante augmentation (0 % en 2013 contre 18 % en 2015), elle reste encore très minoritaire. Les participantes africaines se distinguent aussi par leur jeune âge : ainsi, 92 % des étudiantes MOOC de l'Afrique centrale ont moins de 20 ans.

La participation selon l'origine géographique

Près des deux tiers des apprenants sont issus de l'Afrique du Nord et un quart de l'Afrique de l'Ouest (voir la Figure 3A de la page suivante). Si l'on corrige ces chiffres absolus par le nombre de connexions Internet effectives par

(4) moocs.epfl.ch

(5) Unité de formation et de recherche.

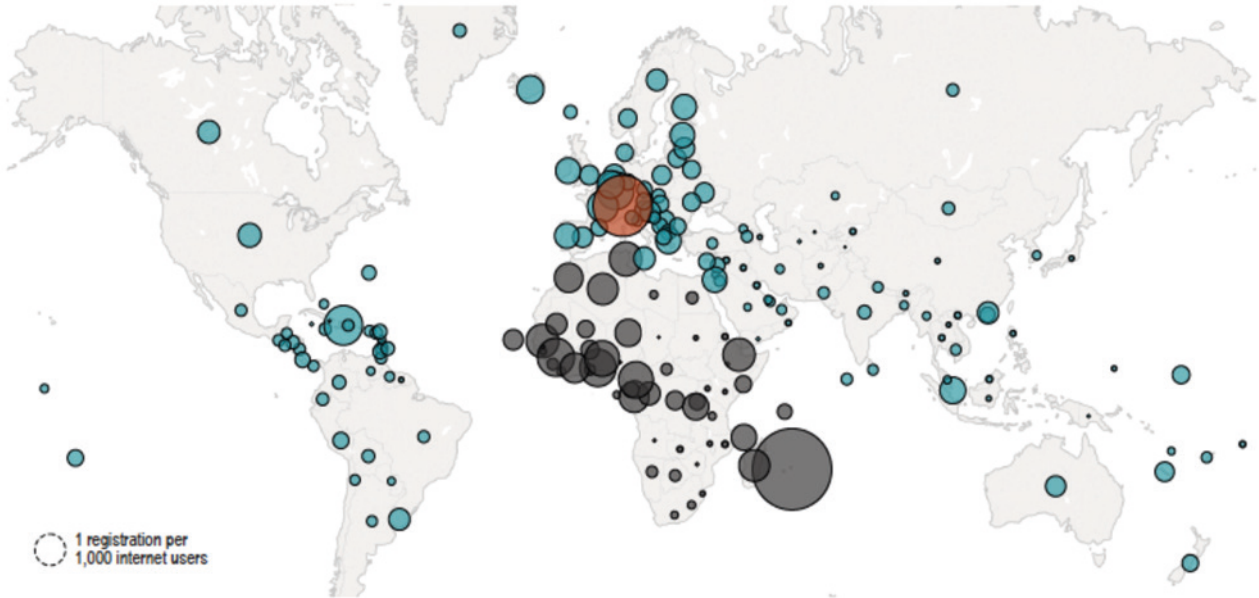


Figure 2 : Distribution mondiale des inscrits aux MOOCs de l'EPFL pondérée du nombre d'usagers Internet du pays. On remarquera la forte densité de participation des pays africains.

pays (voir la Figure 3B ci-dessous), la densité de participation est la plus élevée dans les pays où les actions de sensibilisation et les partenariats sont les plus nombreux, à savoir le Sénégal, la Côte d'Ivoire et le Cameroun.

L'importance de la langue d'enseignement

L'EPFL, qui est une école bilingue (français/anglais), élabore ses MOOCs dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Or, la langue d'instruction joue un rôle prépondérant dans la diffusion des MOOCs en Afrique (voir la Figure 4 ci-contre). Les barrières linguistiques se retrouvent clairement ; et si le reste du monde préfère l'anglais comme langue d'instruction, c'est l'inverse qui est observé en Afrique.

L'engagement des apprenants

Les MOOCs ont la réputation d'un médiocre engagement de la part des inscrits, avec une majorité d'entre eux qui

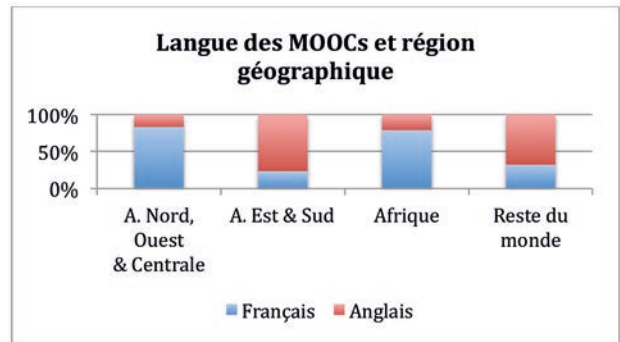
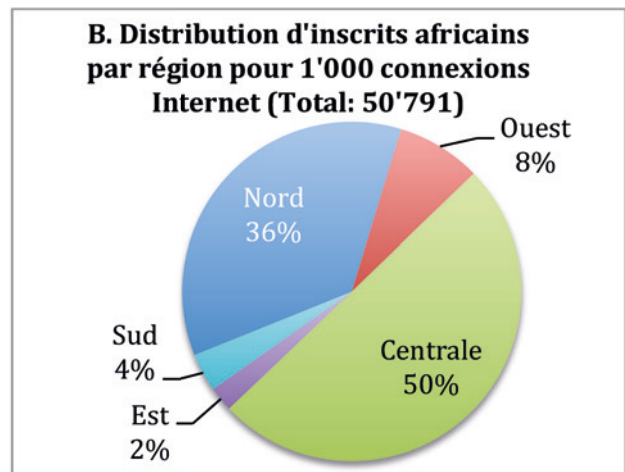
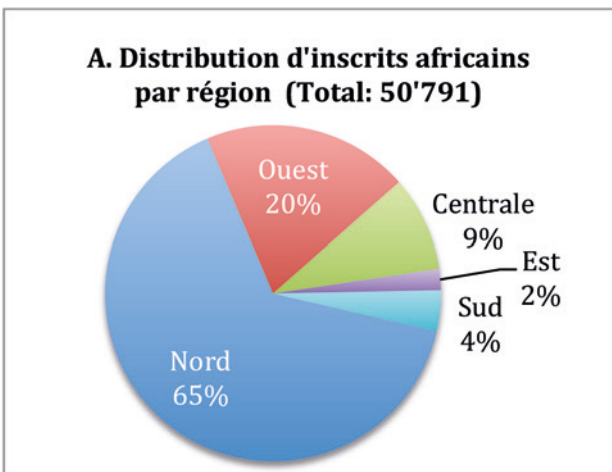


Figure 4 : Suivi des MOOCs de l'EPFL en Afrique en fonction de la langue et de la région. Dans les pays de la Francophonie (Afrique du Nord, Centrale et de l'Ouest), ce sont les MOOCs dispensés en français qui sont le plus prisés, à plus de 80 %. Le clivage linguistique Est-ouest et Nord-sud est mis en évidence.



Figures 3A et 3B : origine géographique (déterminée par l'adresse IP) de l'ensemble des participants africains enregistrés aux MOOCs de l'EPFL. A : chiffres absolus (Figure de gauche) ; B : chiffres corrigés, nombre de participants par nombre de connexions Internet disponibles (Figure de droite).

	Inactive	Viewer	Active Nb/%
Afrique du Nord	9 421	14 624	9 550/28,4 %
Afrique de l'Ouest	2 011	3 986	3 837/39,0 %
Afrique centrale	903	1 425	1 931/45,3 %
Afrique de l'Est	267	435	368/34,4 %
Afrique du Sud	529	825	684/33,6 %
Océan Indien	1 106	1 549	1 275/32,4 %
Afrique	14 237	22 844	17 645/32,2 %

Tableau 1 : Engagement des inscrits africains (N = 54 726). Les apprenants d'Afrique centrale et de l'Ouest semblent être engagés plus activement que ceux des autres régions d'Afrique et du reste du monde.

ne participent jamais aux cours (les *inactifs*), de nombreux inscrits amateurs qui visionnent de temps en temps les vidéos mises en ligne (les *auditeurs*), seule une minorité d'inscrits (les *actifs*) visionne la totalité des vidéos, répond aux quiz et participe aux forums.

Sur l'ensemble des MOOCs de l'EPFL et sur l'ensemble du globe, 30 % des inscrits deviennent actifs. Cette proportion se retrouve en Afrique (voir le Tableau 1 ci-dessus, qui porte sur l'ensemble des 54 000 inscrits sous une adresse IP africaine). Les taux d'actifs sont spectaculairement bons en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest, probablement parce que ces deux régions abritent les institutions partenaires les plus actives et que le besoin de cours de qualité y est plus prononcé.

Au niveau mondial, environ un tiers des actifs (soit à peine 10 % des inscrits) réussissent à l'ensemble des examens (et obtiennent un certificat de participation). Pour l'Afrique, ces taux sont similaires, mais ils doivent être interprétés avec précaution. En effet, ce sont souvent des modules et non des MOOCs entiers qui sont intégrés dans l'enseignement local ; les étudiants n'ont de ce fait pas de raison impérieuse de suivre dans son intégralité le cours mis en ligne.

Validation et certification

L'EPFL a mis en place, en collaboration avec l'Agence universitaire de la Francophonie, un premier projet pilote d'attestation de réussite sur la base d'un examen surveillé sur site. À l'issue d'un MOOC, un candidat peut se présenter dans un des Campus numériques francophones de l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF) aux dates annoncées. Les premiers examens surveillés sur site ont été organisés par l'EPFL en juin 2015. À ce jour, 42 candidats se sont vu délivrer une attestation de réussite après validation de crédits ECTS leur permettant de prétendre à l'obtention d'un certificat d'études de l'EPFL (*Certificate of Open Studies*). Cette expérience est pionnière, dans le sens où l'attribution de « vrais » crédits ECTS pour des MOOCs reste très contestée dans le monde universitaire traditionnel.

Perspectives et conclusions

Utilisation et pertinence des MOOCs

Près de 94 % des apprenants qui ont répondu aux questionnaires de fin de cours sont satisfaits de leur expérience et affirment avoir atteint leurs objectifs et satisfait leurs attentes grâce à ces MOOCs. Ils trouvent les instructeurs très compétents, le contenu très approprié et clair, et les exercices suffisamment pertinents. Les filières de formation courte permettant l'acquisition rapide de compétences immédiatement utilisables dans la vie professionnelle sont très appréciées et pourraient, si elles sont élaborées en partenariat par des universités et des industriels locaux, se révéler capitales pour le développement économique des pays africains.

Nos enquêtes montrent également que nombre d'étudiants des pays africains ont des difficultés à suivre et à assimiler les cours qu'ils jugent exigeants et très chronophages. À noter cependant que cette constatation s'applique également aux étudiants de l'EPFL suivant les mêmes MOOCs.

La nécessité d'un accompagnement des MOOCs

Les MOOCs peuvent être considérés comme un formidable outil de transformation de l'enseignement supérieur. Cela est d'autant plus vrai pour le continent africain, en particulier pour les régions francophones où l'enseignement supérieur a été insuffisamment financé au cours des quarante dernières années. Toutefois, pour que cette transformation soit durable, il est important d'identifier et d'agir sur les freins et sur les facteurs de motivation au sein des institutions concernées.

Les enseignants sont au cœur de ce processus de transformation, et leur adhésion au projet éducatif est d'une importance capitale. Leur engagement dans la création et l'utilisation des MOOCs doit être valorisé par leur institution, faire partie de leur cahier des charges et de leur dossier d'évaluation, et être rémunéré en conséquence. Mais cela n'est pas encore le cas partout.

Les règlements académiques en Afrique, tout comme en Europe, doivent être adaptés pour permettre aux enseignants d'utiliser des MOOCs externes (qu'ils soient complets ou modulaires). Il est encore difficile d'inscrire dans les programmes d'études des cours produits par des enseignants d'une université tierce. L'EPFL autorise les enseignants à modifier et à incorporer ses MOOCs selon les besoins des professeurs locaux.

Nos MOOCs n'atteignent pas facilement les personnes hors université ou hors emploi. Au contraire, ils séduisent les étudiants et les jeunes professionnels ambitieux. Jansen et Reich ⁽⁶⁾ montrent qu'aux États-Unis, les MOOCs accentuent la fracture numérique entre les classes sociales, plutôt qu'ils ne la réduisent. Cette problématique est encore plus aiguë en Afrique. Les MOOCs ne peuvent à eux seuls réduire ces inégalités, tout comme ils ne peuvent pas remplacer le nécessaire effort d'investissement dans l'enseignement supérieur auquel doit consentir l'Afrique du XXI^e siècle. Mais ils peuvent assurément améliorer la qualité de l'enseignement supérieur dispensé.

Un accompagnement différencié (institutions, enseignants, étudiants) est nécessaire pour atténuer les disparités à l'aide des ressources numériques éducatives. C'est

seulement au travers des efforts concertés et soutenus des institutions du Nord et des bailleurs des fonds engagés sur place que les universités africaines pourront pleinement bénéficier de l'émergence des MOOCs et répondre aux défis auxquels elles doivent faire face. Et c'est également à travers ces efforts que les apprenants africains auront accès à des modules de formation pertinents et de qualité et qu'ils pourront ainsi contribuer à l'essor économique de leurs pays.

À travers les MOOCs, l'apprentissage tout au long de la vie si crucial pour nos sociétés en constant changement devient un objectif atteignable. Au départ était la crainte que quelques riches universités n'en vinssent à dominer l'enseignement mondial par leurs MOOCs avec, à la clé, un risque d'hégémonie et d'homogénéisation des formations supérieures. Mais ce que nous voyons aujourd'hui, c'est que la révolution numérique est en fait un fantastique outil de coopération, de coproduction et de diversité.

(6) HANSEN (J. D.) & REICH (J.), *Science*, 350, 2015, pp. 1245-1248.

Éducation et développement cognitif de l'enfant

Par Olivier HOUDÉ

Professeur de psychologie à l'Université Sorbonne Paris Cité (USPC), directeur du LaPsyDÉ, UMR CNRS 8240

À l'école, depuis toujours, on apprend surtout par la répétition, la pratique et l'automatisation. C'est très bien, mais le cerveau des élèves doit aussi apprendre à raisonner par le schéma inverse : c'est-à-dire inhiber ses automatismes cognitifs habituels ou « heuristiques ». Il serait donc très utile de développer une pédagogie du cortex préfrontal, cette région située à l'avant du cerveau et qui sous-tend l'exercice de cette capacité d'inhibition. En voici quelques exemples à propos du raisonnement, de l'arithmétique, de l'orthographe, de la lecture ou de tâches logico-mathématiques de Piaget aujourd'hui revisités.

Les contours des sciences humaines et sociales se redessinent aujourd'hui, en particulier pour l'éducation, qu'éclairent les sciences cognitives et biologiques.

À l'image de la médecine, la pédagogie est un art qui doit s'appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées. En apportant des indications sur les capacités et les contraintes du « cerveau qui apprend », la psychologie expérimentale du développement et les neurosciences cognitives peuvent aider à expliquer pourquoi certaines situations d'apprentissage sont efficaces, alors que d'autres ne le sont pas.

En retour, le monde de l'éducation, informé qu'il est de la pratique quotidienne - l'actualité de la pédagogie -, peut suggérer des idées originales d'expérimentation.

Ainsi, se développe, aujourd'hui, un aller-retour entre le laboratoire et l'école. Les découvertes faites commencent aussi à être enseignées aux étudiants des nouvelles Écoles supérieures du professorat et de l'éducation (les ESPE).

En voici quelques exemples, à propos de la mémoire, du raisonnement, de l'arithmétique, de l'orthographe, de la lecture ou de tâches logico-mathématiques de Piaget aujourd'hui revisités.

Récemment, l'imagerie cérébrale a permis de démontrer l'existence, chez l'enfant comme chez l'adulte, de deux formes complémentaires d'apprentissage neurocognitif : l'automatisation par la pratique et le contrôle par l'inhibition.

Dans le cas de l'automatisation par la pratique, c'est initialement la partie préfrontale (l'avant) du cerveau qui est activée, car la mise en place des habiletés nécessite un contrôle et un effort cognitif (apprendre par cœur une liste de mots, par exemple), puis ces habiletés s'auto-

matisent avec l'apprentissage. Ce sont dès lors la partie postérieure et les régions sous-corticales du cerveau qui prennent le relais.

Dans le cas inverse (celui d'une dés-automatisation), il s'agit d'apprendre à inhiber les automatismes acquis, connus, pour pouvoir changer de stratégie cognitive.

L'imagerie cérébrale a permis de montrer le changement qui se produit dans le cerveau des élèves lorsque, sous l'effet d'un apprentissage, ils passent au cours d'une même tâche de raisonnement d'un mode perceptif facile, automatisé mais erroné, à un mode logique, difficile et exact (encore inconnu, dans ce cas). Les résultats des examens d'imagerie indiquent un basculement très net des activations cérébrales de la partie postérieure du cerveau vers le cortex préfrontal qui traduit une dynamique cérébrale inverse de celle de l'automatisation.

Le premier type d'apprentissage - l'automatisation par la pratique - correspond aux connaissances générales bien établies, apprises par la répétition et la mémorisation, et qui doivent être connues de tous (celles des programmes scolaires, par exemple).

À l'inverse, et complémentirement, le second type d'apprentissage - le contrôle par l'inhibition - fait, quant à lui, appel à l'imagination, à la capacité de changer de stratégie de raisonnement en inhibant les automatismes habituels. C'est « apprendre à résister » [1]. C'est aussi se former pour pouvoir explorer l'inconnu.

À l'école, depuis toujours, l'on apprend surtout par la répétition, la pratique et l'automatisation. C'est très bien.

Mais, comme nous venons de le voir, le cerveau des élèves doit aussi apprendre à raisonner par le schéma inverse consistant à inhiber ses automatismes.

Il serait donc très utile de développer à l'école une pédagogie du cortex préfrontal, notamment *via* l'exercice de la capacité d'inhibition du cerveau. L'inhibition est, en effet, une forme de contrôle attentionnel et comportemental qui permet aux enfants de résister aux habitudes, aux automatismes, aux tentations, aux distractions ou aux interférences et de s'adapter aux situations complexes grâce à la flexibilité acquise. C'est un signe d'intelligence. *A contrario*, le défaut d'inhibition peut expliquer certaines difficultés d'apprentissage (erreurs, biais dans le raisonnement, etc.) et d'adaptation tant cognitive que sociale [2].

Ainsi, par exemple, une erreur massivement observée à l'école élémentaire concerne les problèmes dits « additifs » à énoncé verbal du type : « Louise a 25 billes. Elle a 5 billes *de plus que* Léo. Combien Léo a-t-il de billes ? ».

La bonne réponse s'obtient en posant la soustraction $25 - 5 = 20$.

Mais, souvent, les enfants ne parviennent pas à inhiber l'automatisme d'addition déclenché par le « *de plus que* » de l'énoncé, d'où leur réponse erronée : $25 + 5 = 30$ [3].

En orthographe, fréquemment, les enfants des écoles élémentaires font la faute suivante : « je les manges ».

Ce n'est pas qu'ils ignorent la règle selon laquelle il n'y a pas de « s » à la première personne du singulier des verbes du premier groupe (manger, trouver, etc.), mais ils sont incapables d'inhiber l'automatisme : « après « les », je mets un « s » » [4].

La tentation est ici trop grande pour eux en raison de la proximité du pronom « les » dans la phrase. L'enfant doit donc apprendre à inhiber, grâce à son cortex préfrontal, cette réponse dominante et automatique pour avoir la flexibilité lui permettant d'appliquer une autre stratégie de son répertoire orthographique.

On pourrait croire que cela ne concerne que les enfants. Mais combien de méls ne reçoit-on pas de collègues ou d'amis qui écrivent « je vous le direz » au lieu de « je vous le dirai ». C'est exactement le même défaut d'inhibition frontale, renforcé ici par la rapidité de l'écriture électronique.

Un autre exemple concerne la lecture. Les apprentis lecteurs, comme d'ailleurs les lecteurs experts, doivent toujours éviter de confondre les lettres dont l'image en miroir représente une autre lettre : par exemple, b/d ou p/q. Cette difficulté est renforcée par le fait que, pour apprendre à lire, le cerveau humain recycle des neurones initialement utilisés pour identifier les êtres vivants ou objets de notre environnement, les animaux par exemple [5]. Or, un animal a toujours la même identité quelle que soit son orientation par rapport à un axe de symétrie. Pour discriminer les lettres en miroir, notre cerveau doit donc apprendre à inhiber ce biais cognitif. Comme les enfants [6], les adultes [7] doivent toujours résister, même inconsciemment, à cette généralisation en miroir.

La pédagogie du cortex préfrontal est donc une pédagogie pour la vie ! Il ne suffit pas de connaître les règles (ac-

quises par la pratique, la répétition, etc.), il faut également inhiber en permanence nos automatismes.

Tant en France qu'au Canada (avec l'équipe d'Adele Diamond à Vancouver, notamment), des expériences d'interventions pédagogiques pilotes de ce type sont aujourd'hui menées dans les écoles pour exercer chez les élèves leur « contrôle cognitif » [8, 9]. Ces expériences découlent directement de la meilleure compréhension que nous avons aujourd'hui des mécanismes d'apprentissage du cerveau : recyclage neuronal, inhibition cognitive, etc.

Même la célèbre théorie du psychologue suisse Jean Piaget (1896-1980) a pu être revisitée, dans notre laboratoire, grâce à l'imagerie cérébrale et à la théorie de l'inhibition cognitive.

Au XX^e siècle, la théorie des stades de l'intelligence de Piaget a profondément marqué la psychologie, le monde de l'éducation et le grand public. On sait que pour Piaget, une tâche emblématique permettant de tester l'intelligence de l'enfant était la conservation du nombre.

Devant deux rangées de jetons en comportant le même nombre (5, par exemple), mais plus ou moins écartés spatialement dans chaque rangée, l'enfant (jusqu'à l'âge de 7 ans environ) considère qu'« il y a plus de jetons là où c'est plus long » (la rangée où les jetons sont le plus espacés entre eux), ce qui est une erreur d'intuition perceptive.

La réussite à ce test par des enfants âgés de plus de 7 ans (avec la réponse : « Il y a le même nombre de jetons dans les deux rangées ») traduisait selon Piaget le passage d'un stade perceptif prélogique au stade de la pensée logico-mathématique concrète.

Cette tâche, reprise de façon informatisée en IRMf avec des enfants d'écoles maternelles et d'écoles élémentaires [10], a révélé qu'elle mobilisait non seulement les régions du cerveau dédiées au nombre (le cortex pariétal), mais aussi les régions du cortex préfrontal dédiées à l'inhibition des automatismes : ici, l'automatisme selon lequel en général la longueur varie avec le nombre [11].

Cela nous amène à réviser la théorie de Piaget en y ajoutant le rôle clé de l'inhibition cognitive comme mécanisme positif du développement de l'intelligence chez l'enfant.

En conclusion : il faut apprendre dès l'école à inhiber les automatismes du cerveau, à y résister afin que dans notre vie cognitive, sociale, culturelle et industrielle « notre cerveau », comme celui du poète, selon Arthur Rimbaud, « cherche toujours du nouveau » et qu'il « arrive à l'inconnu » [12].

C'est la fonction même du cortex préfrontal que d'être ainsi créatif [13] pour corriger nos effets de fixation.

Bibliographie

[1] HOUDÉ (O.), *Apprendre à résister*, Paris, Le Pommier, 2014.

[2] AÏTE (A.), BERTHOZ (A.), VIDAL (J.), ROELL (M.), ZOUÏ (M.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Taking a third-person perspective requires inhibitory control", *Child Development* (in press), 2016.

- [3] LUBIN (A.), VIDAL (J.), LANOË (C.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems", *Journal of Educational Psychology*, 105, 2013, pp. 701-708.
- [4] LANOË (C.), VIDAL (J.), LUBIN (A.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control is needed to overcome written verb inflection errors", *Cognitive Development*, 37, 2016, pp. 18-27.
- [5] DEHAENE (S.), *Les Neurones de la lecture*, Paris, Odile Jacob, 2007.
- [6] ARH (E.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibition of the mirror-generalization process in reading in school-aged children", *Journal of Experimental Child Psychology* (in press), 2016.
- [7] BORST (G.), AHR (E.), ROELL (M.) & HOUDÉ (O.), "The cost of blocking the mirror-generalization process in reading", *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 2015, pp. 228-234.
- [8] DIAMOND (A.) & LEE (K.), "Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old", *Science*, 333, 2011, pp. 959-964.
- [9] DIAMOND (A.) & LING (D.), "Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not", *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2015 (doi:10.1016/j.dcn.2015.11.005).
- [10] HOUDÉ (O.), PINEAU (A.), LEROUX (G.), POIREL (N.), PERCHEY (G.), LANOË (C.), LUBIN (A.), TURBELIN (M.-R.), ROSSI (S.), SIMON (G.), DELCROIX (N.), LAMBERTON (F.), VIGNEAU (M.), WISNIEWSKI (G.), VICET (J.-R.) & MAZOYER (B.), "Functional MRI study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children: a neo-Piagetian approach", *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 2011, pp. 332-346.
- [11] DEHAENE (S.), *La Bosse des maths*, Paris, Odile Jacob, 2010.
- [12] RIMBAUD (A.), « Lettre à Paul Demeny », 15 mai 1871, in *Œuvres complètes*, Paris, Gallimard, 1979.
- [13] CASSOTTI (M.), AGOGUÉ (M.), CAMARDA (A.), HOUDÉ (O.) & BORST (G.), "Inhibitory control as a core process of creative problem solving and ideas generation from childhood to adulthood", *New Directions for Child and Adolescent Development*, 151, 2016, pp. 61-72.

Plaidoyer pour l'école primaire et l'apprentissage

Par Thierry WEIL

Professeur à Mines Paris Tech

La France dépense beaucoup pour l'éducation, mais le niveau scolaire de ses élèves de 15 ans est médiocre, les décrocheurs sont nombreux, les entreprises ne trouvent pas les personnes qualifiées qu'elles voudraient recruter. L'école française est une des plus inégalitaires au monde, le succès y dépend surtout du niveau culturel et économique des parents. Si les inégalités sont patentes dès le collège, c'est à l'école primaire qu'elles se forment et que l'on peut agir efficacement pour y remédier. Par ailleurs, le système scolaire privilégie les savoirs abstraits et dévalorise de ce fait les élèves qui pourraient s'épanouir si les enseignants montraient plus de considération pour les intelligences pratiques, les formations professionnelles et la transmission individualisée que permet l'apprentissage.

Il y a plus de 3 millions de chômeurs en France, mais aussi 300 000 à 400 000 postes non pourvus ⁽¹⁾. Notre pays peine à recruter y compris dans des métiers relativement attractifs, faute de trouver des jeunes qualifiés. Des formations préparant à des métiers en tension manquent de candidats. Certaines entreprises industrielles délocalisent non pas pour l'attrait de moindres coûts de main-d'œuvre, mais tout simplement pour trouver les compétences dont elles ont besoin ^{(2) (3)}.

Pourtant, la nation a consacré (en 2014) 146 milliards d'euros à l'éducation (6,8 % du PIB, soit sensiblement plus que la moyenne de l'OCDE, qui est de 6,1 %), dont 33 milliards pour la seule formation professionnelle. Malgré cela, notre pays est l'un des plus inégalitaires. Un enfant d'enseignant a 90 % de chances d'accéder à l'enseignement supérieur, contre 9 % pour un enfant d'inactif ⁽⁴⁾.

Avant d'examiner quelques pistes pour améliorer cette situation, il importe de réfuter l'idée selon laquelle une meilleure formation serait sans effet sur le chômage.

Certains prétendent qu'améliorer les qualifications ne résoudrait pas le problème de l'emploi

Toutes les statistiques montrent que dans une spécialité donnée, on a d'autant plus de chances de trouver un emploi que l'on a poussé plus loin sa formation. Il est donc avantageux pour chacun de poursuivre sa formation initiale aussi loin qu'il le peut.

Certains économistes objectent cependant qu'en période de chômage structurel un meilleur diplôme permet seulement de doubler les moins diplômés dans la longue file d'attente vers cette ressource rare qu'est l'emploi. Un effort

de formation, même s'il profiterait à ses bénéficiaires, ne résoudrait donc pas le problème de la pénurie d'emplois. Nous aurions simplement des chômeurs plus qualifiés.

Mais de nombreuses études contredisent ce point de vue. Selon le McKinsey Global Institute, la France aurait la capacité de revenir au plein emploi en 2025, si elle disposait de 2,2 millions de personnes qualifiées de plus (bac+2 ou plus) et si elle comptait 2,3 millions de personnes peu qualifiées (en deçà du bac) en moins ⁽⁵⁾.

De même que l'on apprend beaucoup plus facilement une nouvelle langue étrangère si l'on en maîtrise déjà plusieurs, une solide formation de base, qu'elle soit professionnelle, technique ou générale, aide à acquérir ultérieurement les compétences nécessaires pour faire face à l'inconnu et exercer, demain, des métiers qui n'existent pas encore aujourd'hui.

D'ailleurs, contrairement à ce que l'on croit souvent, l'Allemagne a autant de mal que nous à proposer un travail

(1) Selon Pôle Emploi, plus d'un tiers des projets de recrutement dans l'industrie dont il a à connaître sont jugés difficiles à concrétiser.

(2) Sauf mention spécifique, ces constats sont documentés dans les notes de La Fabrique de l'industrie « Formation professionnelle et industrie, le regard des acteurs de terrain » et « L'Industrie jardinière du territoire » : <http://www.la-fabrique.fr/>

(3) Voir par exemple Bouton & al., « Industries du luxe : la mort silencieuse du geste artisanal », Gazette de la société et des techniques, septembre 2015.

(4) Ces proportions sont de 82 % pour un enfant de cadre supérieur et de 31 % pour un enfant d'ouvrier non qualifié (statistiques de la direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance du ministère de l'Éducation nationale pour les enfants entrés en sixième en 1995).

(5) L'emploi en France : Cinq priorités d'action d'ici à 2020, Éric Labaye & al., McKinsey Global Institute, mars 2012.



Photo © Nicolas Tavernier/REA

Classe dédoublée de 13 élèves répartis en deux sous-groupes, juin 2014.

« La manière la plus efficace de lutter contre le décrochage consiste donc à agir le plus précocement possible en faveur des élèves vulnérables. »

aux personnes non qualifiées (dont le taux de chômage s'élève à 12,5 %, contre 13,9 % chez nous). En revanche, la prospérité de son économie permet de procurer des emplois aux nombreuses personnes de qualification intermédiaire (équivalente au bac professionnel), celles dont la France manque le plus ⁽⁶⁾.

Concentrer les moyens sur le primaire

Les différences de niveau scolaire entre les élèves d'une même classe d'âge deviennent patentes au collège et au lycée, mais de nombreuses études montrent qu'elles sont principalement le reflet de ce qui s'est passé avant l'entrée au collège ⁽⁷⁾. Une fois passées les classes élémentaires, le rythme d'acquisition des connaissances est principalement déterminé par les connaissances déjà acquises. Les divergences constatées à la fin de l'école élémentaire, voire en fin de cours préparatoire, évoluent donc de manière exponentielle ⁽⁸⁾.

La manière la plus efficace de lutter contre le décrochage consiste donc à agir le plus précocement possible en faveur des élèves vulnérables. Or, la France ne le fait pas, aujourd'hui : elle consacre moins d'efforts que ses voisins au cycle primaire (6 044 dollars par élève, contre 6 741 dollars en moyenne dans l'OCDE ⁽⁹⁾, soit 9 % de moins), mais elle en consacre plus au cycle secondaire, quand il est trop tard pour avoir un effet important (9 532

dollars contre 8 267 dollars, soit + 15 %). Nous dépensons donc plus pour un résultat moindre, comme le révèlent nos résultats déplorables à l'enquête du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA). Surtout, nous sommes le pays où les résultats scolaires dépendent le plus du niveau socioéconomique des parents, et donc celui où l'ascenseur social est le moins efficace.

Cette nécessité de concentrer les moyens sur le cycle primaire (maternelle et école élémentaire) fait consensus chez la plupart des spécialistes.

Aussi, Pham-Ngôc et Tauzin proposent notamment de :

- donner une priorité pour accueillir à l'école préélémentaire ou en crèche, si possible dès deux ans, les enfants des familles les plus défavorisées, ceux qui ont davantage besoin que les autres d'une assistance à l'éducation ;

(6) Bertrand Martinot, *L'apprentissage, un vaccin contre le chômage*, Institut Montaigne, juin 2015.

(7) Valérian Pham Ngôc et Gilles Tauzin, *Libertés, (in)égalités, hérités*, Presses des Mines, 2011.

(8) Ce qualificatif n'est pas une image rhétorique : le fait que la vitesse (d'acquisition de connaissances) soit proportionnelle à la position (la connaissance déjà acquise) est précisément ce qui caractérise mathématiquement une progression exponentielle.

(9) Source : OCDE 2010, cité dans Pham Ngôc et Tauzin, 2011 (je n'ai pas mis à jour ces chiffres qui évoluent lentement).

- mieux former les maîtres de l'école préélémentaire (appelée de manière assez sexiste « maternelle ») aux spécificités du développement des enfants entre 2 et 6 ans et aux pratiques éducatives (il ne s'agit pas de passer de la garderie, où l'on laisse les enfants jouer, à une « petite école » déjà scolaire), les préparer au repérage des difficultés et à la diversité des publics ;
- mettre en place des méthodes de suivi des compétences et des attitudes (et non de la seule acquisition des connaissances) et gérer la difficulté scolaire dans la classe et non au moyen du redoublement ou du seul soutien extérieur ;
- mieux soutenir les parents (dialoguer avec des parents parfois illettrés ou parlant mal le français et pour qui le contact avec l'école n'est pas facile) en coordination avec les autres intervenants sociaux.

On donne souvent en exemple la Finlande, où les enseignants les plus expérimentés sont affectés aux publics les plus difficiles, de sorte qu'il y est avantageux, même pour un enfant « favorisé », d'être dans une classe d'éducation prioritaire. Ce pays a des performances excellentes au test PISA, notamment pour le premier décile. L'origine socioéconomique y conditionne beaucoup moins qu'ailleurs les résultats scolaires.

Encourager le tutorat

La transmission individualisée des savoirs est performante à tous les niveaux. Le recours au tutorat, même dans les petites classes (l'élève qui maîtrise un sujet l'enseigne à un de ses condisciples), s'avère positif à la fois pour l'enseigné et pour le tuteur qui consolide ses connaissances en devant les expliquer. Cette pratique permet à l'enseignant de disposer de davantage de temps pour s'occuper des élèves les plus en difficulté ou pour donner des exercices plus stimulants à ceux qui sont le plus à l'aise.

En finir avec le mépris pour les savoirs pratiques

Le « collège unique », qui devait permettre à tous l'acquisition d'un socle de connaissances générales, s'est mis en place il y a bientôt quarante ans en imposant à tous les programmes, la pédagogie et les enseignants de l'ancien « petit lycée », c'est-à-dire des classes qui accueillaient jadis les élèves qui aspiraient à poursuivre leur scolarité dans un lycée général (le tiers d'une classe d'âge). Cet enseignement privilégie les savoirs formels et pénalise les élèves qui ne manifestent pas assez précocement les aptitudes nécessaires. Ceux-ci se retrouvent dès lors fréquemment en situation d'échec. Non seulement ils n'acquièrent pas de manière satisfaisante les connaissances transmises dans le premier cycle du secondaire, mais ils ressentent que le collège n'est pas fait pour eux, ils s'auto-déprécient et abordent la suite de leurs études avec appréhension, quand ils ne rejettent pas en bloc un système éducatif qui les maltraite.

En situation de devoir réaliser des tâches pratiques moins abstraites, beaucoup de ces élèves retrouvent l'estime d'eux-mêmes et prennent parfois l'avantage sur des

« forts en thèmes » moins adroits. La confiance en eux stimule leur appétence pour l'enseignement, y compris général, ainsi que leur désir de progresser.

Un collège qui ferait la part belle aux projets et aux réalisations en groupe permettrait de mieux valoriser les aptitudes pratiques. L'orientation vers l'apprentissage d'un métier de réalisation y serait ressentie plus positivement. La dextérité, l'intelligence de la main, est une aptitude qui n'est pas spécialement corrélée à un tempérament plus scolaire ni au goût pour des enseignements abstraits. La mise en valeur de ces aptitudes pratiques dès l'école élémentaire (par exemple, dans le cadre de projets de groupe devant aboutir à la construction d'un dispositif) permet de faire des formations techniques et professionnelles non plus des filières de relégation des élèves les moins « scolaires », mais une possible voie d'excellence parmi d'autres.

Donner une vision plus claire du monde du travail

La pression conjointe des parents, des enseignants et des conseillers d'orientation détourne les enfants intéressés par un métier « pratique » de la formation professionnelle. J'ai personnellement rencontré beaucoup de jeunes expliquant qu'ils avaient découvert cette voie par hasard ou qu'ils avaient d'abord dû s'orienter vers un bac général ou technique pour rassurer leurs parents.

Certains enseignants vouent aux gémonies l'enseignement professionnel, au motif qu'il privilégierait l'acquisition des seuls savoir-faire utilitaires au détriment de la culture générale qui permet à chacun de contribuer à la vie de la cité et de s'épanouir dans la société. En exagérant à peine leur propos, la voie professionnelle serait une formation « au rabais » produisant de la chair à machine plutôt que des citoyens. Malheureusement, les enfants « maltraités » par un système scolaire privilégiant l'abstraction se découragent, décrochent et finissent dans bien des cas par se considérer comme des citoyens de seconde classe. Par ailleurs, l'industrie a de moins en moins besoin de chair à machine. Elle requiert des professionnels qualifiés auxquels elle devra de plus en plus proposer des opportunités de formation complémentaire.

Le conseil de persévérer dans des études générales quand on le peut a des motivations légitimes (différer les choix, acquérir des diplômes qui faciliteront une réorientation), mais il repose aussi en grande partie sur la méconnaissance du monde du travail et des opportunités professionnelles qu'il peut offrir.

Pour réduire cette méconnaissance qui les dessert et assèche leur recrutement, les entreprises doivent davantage s'ouvrir. Beaucoup le font, notamment au travers du tourisme industriel qui se développe. Ainsi, certaines accueillent des visites scolaires ou proposent des stages à des collégiens ⁽¹⁰⁾.

(10) On trouvera des exemples de ces bonnes pratiques sur : www.la-fabrique.fr



Photo © Patrick Allard/REA

Élève en brevet professionnel (BP) de génie climatique s'exerçant, sous le contrôle de son professeur, à la soudure à l'arc, CFA des 13 vents, Tulle, mars 2012.

« La supériorité d'un enseignement individuel par la pratique et encadré est d'autant plus manifeste dans l'acquisition des savoirs appliqués, des savoir-faire et des tours de main, qui demande de l'exercice et ne repose pas sur la seule compréhension de notions formelles. »

À défaut de pouvoir informer tous les parents et tous les enfants, il serait judicieux qu'au cours de leur formation, les enseignants et les conseillers d'orientation bénéficient de stages et de programmes de découverte de l'entreprise et de ses fonctions.

Encourager l'apprentissage

Nous avons déjà évoqué les mérites du tutorat, exercé tant par les pairs que par des mentors plus expérimentés. Cette supériorité d'un enseignement individuel par la pratique et encadré est d'autant plus manifeste dans l'acquisition des savoirs appliqués, des savoir-faire et des tours de main, qui demande de l'exercice et ne repose pas sur la seule compréhension de notions formelles.

Pour ceux qui optent pour une formation professionnelle, la voie de l'apprentissage (au sein des établissements de l'Éducation nationale ou des centres de formation d'apprentis) s'avère souvent plus adaptée. Sept mois après la fin des études secondaires, environ 70 % de ceux qui sont passés par l'apprentissage sont en emploi, contre environ 50 % pour les autres ⁽¹¹⁾. Il serait bon d'encourager les lycées professionnels, dont seulement 15 % des élèves bénéficient aujourd'hui d'un apprentissage, à développer cette modalité d'enseignement.

Chez nos voisins allemands, l'apprentissage est la voie d'accès quasi exclusive à plusieurs centaines de métiers. Certains y voient même une certaine forme de corporatisme ⁽¹²⁾.

L'enfer est souvent dans les détails. Ainsi, si la carte des lycées généraux et techniques est assez dense, de sorte que les élèves peuvent fréquenter ces établissements tout en continuant à habiter chez leurs parents, ce n'est pas le cas pour les centres de formation d'apprentis (CFA) et les lycées professionnels, qui sont beaucoup plus spécialisés. Ainsi, tel élève qui souhaiterait se spécialiser dans l'électricité se verra proposer une formation aux métiers de l'hôtellerie au motif que c'est la spécialité du lycée « pro » le plus proche de chez lui. Des internats sont donc une ressource clé pour ces élèves. Dans le cas de lycées mixtes (accueillant des filières professionnelles et générales), il faut lutter contre la tentation qu'ont certains responsables d'établissement de dédier une grande partie des places d'internat aux élèves des sections techniques

(11) Ces chiffres peuvent sembler faibles, mais il faut aussi avoir à l'esprit que ces filières accueillent aujourd'hui beaucoup de jeunes en grande difficulté.

(12) Bertrand Martinot, op. cit.

et générales, qui, bien que moins prioritaires, sont plus faciles à gérer en termes de discipline.

Yves Malier, ancien directeur de l'École normale supérieure de Cachan issu de la voie professionnelle, énumère bien d'autres freins au développement de l'apprentissage ⁽¹³⁾. Il rappelle que jusque dans les années 1980, l'Éducation nationale recrutait plus de 2 000 professeurs de spécialités industrielles par an, dont 80 % avaient une forte expérience de l'entreprise, que complétait, après un concours sélectif, une formation scientifique et pédagogique. Mais ces recrutements ont été abandonnés, n'entrant plus dans le cadre universitaire des Instituts universitaires de formation des maîtres (IUFM), tandis que les 14 spécialités de baccalauréats technologiques ont été ramenées à un unique programme de technologie commun, très généraliste, les deux années de BTS qui suivent ne suffisant pas à l'acquisition approfondie d'une spécialité.

Sauver la cohésion sociale

Schématiquement, le système d'éducation français produit une élite bien formée (du niveau master et plus) et de nombreux décrocheurs peu qualifiés. Il est aussi, parmi ceux des pays développés, un des plus inégalitaires, où le niveau socio-culturel des parents conditionne le plus la réussite scolaire de l'enfant et où les opportunités professionnelles dépendent le plus du diplôme initial. Il est

également, avec ceux de certains pays asiatiques, un des plus stressants, l'enfant y étant confronté à ses insuffisances, à ses erreurs et à ses échecs et finissant par perdre confiance tant en lui-même qu'envers les autres.

Une école bienveillante où l'on valorise toutes les formes d'intelligence, où l'on encourage l'exploration en tolérant l'échec, où l'on apprend à travailler en groupe sur des projets, en s'appuyant sur les apports complémentaires de chacun, où les plus rapides aident les plus lents et les plus adroits ceux qui le sont moins, est la matrice de la cohésion sociale.

Cette école bienveillante, qui accompagne tous les élèves, révèle et développe leurs aptitudes, suscite estime et confiance, est un des moteurs de la montée en gamme d'une économie moderne qui repose sur la compétence et le professionnalisme de tous. C'est aussi un facteur de cohésion sociale, de capacité d'adaptation et de résilience de notre société face aux défis de l'inconnu.

(13) Yves Malier, « Formation professionnelle : les errements de l'exception française », La Jaune et la Rouge, décembre 2015.

L'artisanat augmenté

Conceptions, enseignements et pratiques d'un art numérique appliqué aux métiers de l'artisanat

Par Bruno MONPÈRE

Directeur de la Chambre des Métiers et de l'Artisanat du Tarn-et-Garonne
Cellule de recherche @artisanumerique

Les questions de l'avenir des métiers de l'artisanat, de la patrimonialisation des savoir-faire, ainsi que de la modélisation de nouveaux vecteurs de transmission et d'apprentissage se posent alors que les technologies numériques connaissent un essor certain.

Divers mouvements se développent au carrefour du « savoir » et du « faire » : *makers*, néo-artisanat, art numérique, *design* et artisanat...

La cellule « *Artisan numérique* » de la Chambre des métiers de Tarn-et-Garonne a développé divers programmes : formations « artisanat et fabrication additive » ; cycle de licence interdisciplinaire « *Design* et métiers » en partenariat avec l'Institut « Arts appliqués » de l'Université Toulouse 2 ; constitution d'un « Répertoire numérique du geste artisanal ».

Quand le *design* est classiquement associé à l'industrie au sein du cycle prototype/série, l'expression « *design* artisan » peut être perçue comme un oxymore.

Or, la naissance du *design* intervient précisément au moment historique de la dissolution massive de la forme artisanale de la production au profit de l'industrie, et de l'apparition concomitante d'une « nostalgie positive de la forme artisanale »⁽¹⁾. Le mouvement *Arts and Crafts*⁽²⁾ témoigne de cette nostalgie. S'inscrivant dans une telle perspective, l'esquisse d'un *Arts and Crafts* du XXI^e siècle présente des potentialités.

Au-delà de l'association largement éprouvée du *design* à l'artisanat d'art⁽³⁾, il s'agit de revisiter les métiers⁽⁴⁾ relevant de secteurs premiers et massifs⁽⁵⁾ : l'alimentaire (boucherie, boulangerie, conserverie...), le bâtiment (maçonnerie, menuiserie, plomberie...), les services (coiffure, réparation automobile, réparation informatique...) et la fabrication (mécanique de précision, production de prothèses...). La méthode proposée consiste à appliquer le *design* à la fois aux formes et aux usages : la matière, l'outil, le geste, la transmission du savoir, l'espace de production et de présentation...

De la classique et encore prégnante représentation de la « transmission familiale » des savoir-faire et/ou des longs apprentissages compagnonniques, le groupe artisanal s'est métissé, dans les années 1950-80, avec les indépendants formés via l'apprentissage et/ou une expérience de salarié, désireux de s'affranchir de la subordination juridique vis-à-vis de l'employeur et de se constituer un patrimoine professionnel et personnel.

Les années 1990 et 2000 ont été celles du développement du profil de gestionnaire déléguant la pratique du métier. Les années 2010 sont celles de l'auto-entrepreneuriat, résultant de la disponibilité d'actifs confrontés au chômage de masse, d'une appétence générale pour l'autonomisation de l'activité professionnelle et d'une promesse de légèreté du formalisme administratif⁽⁶⁾. Mais la libéralisation de la forme individuelle de l'exercice de l'activité de production ou de services expose l'artisanat à un risque de dilution des compétences ainsi que de leurs modes de transmission.

(1) HUYGUES (Pierre-Damien), À quoi tient le Design, fasc. « Travailler pour nous », Éditions de l'incidence, 2014.

(2) Ce mouvement artistique réformateur des années 1860 aux années 1910 est considéré comme l'équivalent anglais de l'Art nouveau français. Il fait écho aux préoccupations d'artistes-artisans auto-revendiqués (William Morris, Charles Rennie MacKintosh) à l'égard des formes de production de la révolution industrielle.

(3) Ébéniste, bijoutier, verrier, céramiste, sellier... : les métiers d'art relevant de l'artisanat sont souvent associés aux acteurs du secteur du luxe et de la création français. Ils représentent environ 5 % du secteur des entreprises artisanales.

(4) La définition des personnes relevant des Métiers de l'Artisanat est inscrite dans l'article 19 de la loi n°96-603 du 5 juillet 1996.

(5) L'artisanat représente 3 millions d'actifs en France (Source : APC-MA - 1^{er} janvier 2013).

(6) Près de 80 % des créations d'entreprises individuelles dans l'artisanat sont effectuées sous le régime de l'autoentrepreneur (source : RM 82-2016).

Hybridation et augmentation des « savoir » / « faire »

La cellule « Artisan numérique » de la Chambre des Métiers et de l'Artisanat du Tarn-et-Garonne a pour objectif de détecter les pratiques et de concevoir les protocoles prospectifs d'un artisanat « augmenté » par la fabrication additive, la captation du mouvement, l'économie collaborative ⁽⁷⁾ et les nouvelles formes d'apprentissage.

L'avènement des « usines à portée de souris » ⁽⁸⁾, avec la diffusion de machines et de pratiques de fabrication numérique (impression 3D, découpe laser, fraisage numérique...) permettant la production d'objets et de composants sur-mesure interroge l'avenir de métiers et d'emplois organisés en tout ou partie autour de services aux particuliers. Elle remet notamment en cause une certaine inféodation aux circuits de fournisseurs ⁽⁹⁾ et à certaines formes micro-industrielles de sous-traitance ⁽¹⁰⁾.

Le mouvement des *makers*, lié à celui des FabLab ⁽¹¹⁾, invite au croisement des savoirs et pratiques au sein de « tiers-lieux », où l'ingénieur-développeur est censé rencontrer le bricoleur ⁽¹²⁾ éclairé. L'opposition frontale entre le « savoir » et le « faire » s'amenuise alors pour révéler de nouveaux champs de conception et de production. Le « *make* » s'assimile parfois même à un micro-entrepreneuriat « *punk* » ⁽¹³⁾ affranchi des systèmes propriétaires grâce notamment à la maîtrise du code informatique.



Photo © Charlotte Henard

Impressions 3D ludiques et techniques au FabLab de Toulouse.

« Le mouvement des *makers*, lié à celui des FabLab, invite au croisement des savoirs et pratiques au sein de « tiers-lieux », où l'ingénieur-développeur est censé rencontrer le bricoleur éclairé. »

Le « créateur-maître » aspire à embrasser l'entièreté du processus de production, depuis la conception jusqu'à la fabrication. La recherche d'authenticité, le contact avec la matière, le sens d'un travail conçu en tant qu'œuvre personnelle, l'accompagnement de la production jusqu'au bénéficiaire final complètent ce tableau de valeurs proches des représentations canoniques du secteur des métiers. Cette aspiration contemporaine à l'autonomisation du « faire » correspond à ce que l'on nomme désormais le « néo-artisanat ».

Il est également révélateur de constater que des « tiers lieux », tels que « Ici Montreuil » ou « Les Arts codés », intègrent au sein de leurs installations des machines et des outils relevant de l'artisanat. Le second accueille, sur son site de Pantin, le Centre européen de recherches et de formation aux arts verriers (CERFAV) et déclare, dans son manifeste, investir « la conjugaison des savoir-faire traditionnels et de la programmation vers un possible entre artisanat et micro-industrie numériques » ⁽¹⁴⁾.

Les ingénieurs, codeurs et *designers* appellent à « davantage de pratique, d'ateliers, d'outils et de matière ». L'artisanat pour sa part témoigne d'un intérêt grandissant pour les modes de fabrication numériques. Les premières formations *Artisan et impression 3D* ⁽¹⁵⁾ ont fait la preuve de la force et de l'intérêt du croisement des usages, qui réside précisément dans la déclinaison et l'orientation de la fabrication numérique au service des besoins et objectifs de l'économie traditionnelle des métiers de l'artisanat ⁽¹⁶⁾. Ainsi la machine numérique est-elle envisagée pour accroître la précision et la créativité, la mobilité du prototypage et la diversification des services. Il s'agit ici de tenir à distance raisonnable la seule fascination technophile afin de mieux révéler ce en quoi les savoir-faire traditionnels augmentent en retour les potentialités du numérique.

(7) Alors qu'il est fait largement mention désormais d'un modèle collaboratif, il est intéressant de noter que la question de l'ubérisation de l'économie s'est posée en premier lieu pour l'activité de taxi, dont l'exercice sous forme indépendante relève de l'artisanat.

(8) « L'usine à portée de souris », in Le Monde, 6 novembre 2012.

(9) L'artisan devra en effet repenser ses interventions quand certains de ses fournisseurs mettent déjà à la disposition du grand public et en open source les codes de fabrication de pièces détachées.

(10) Le développement du BIM (Modélisation des données du bâtiment), avec une gestion intégrée des process métiers dans la réalisation d'un projet, peut faire craindre pour ce secteur artisanal l'instauration de nouvelles formes de dépendances au sein d'une toile de prescriptions et de contrôles algorithmiques.

(11) FABrication et LABoratory.

(12) La notion de « bricoleur » n'est pas sans poser problème aux représentants institutionnels et professionnels de l'artisanat.

(13) HEIM (Fabien), Do It Yourself - Autodétermination et culture punk, Éditions Le Passager clandestin, 2012.

(14) Manifeste des Arts codés : <http://lesartscodes.fr/manifeste/>

(15) Trois sessions ont été organisées par la CMA 82 en coopération avec le FabLab Artilect en 2012 et en 2013.

(16) Le pâtissier propose des moules pour la réalisation de formes personnalisées et chocolatées. Le prothésiste recueille le fichier d'imagerie 3D effectué par le dentiste pour réaliser une prothèse à la précision augmentée. Le maçon imagine sa maquette de présentation d'un projet d'habitat à sa clientèle. L'électricien repense son métier quand son fournisseur diffuse auprès du grand public et en open source les codes de pièces d'équipements électriques.

Avec la multiplication des FabLab à laquelle la France participe avec enthousiasme, la cellule « *Artisan numérique* » a choisi de mettre ses travaux au service des métiers de l'artisanat « premier ». Cela s'inscrit dans le cadre d'une recherche d'échange de valeur dans les deux sens du terme : éthique et économique. L'enjeu est celui d'un affranchissement possible de l'artisanat en empruntant les chemins suivis par les *makers*, ceux-ci étant à leur tour guidés par les principes techniquement éprouvés des procédés et outils des métiers artisanaux traditionnels. Ainsi, si le mouvement de William Morris répondait à la révolution industrielle du XIX^e siècle anglais, l'*Arts and Crafts* du XXI^e siècle dialogue avec une révolution numérique globalisante.

Interdisciplinarités

La Chambre des Métiers a développé, avec l'Institut Arts appliqués de Toulouse 2 - Campus de Montauban, un parcours de licence *Design et métiers* ⁽¹⁷⁾, dont l'objectif pédagogique s'inscrit dans la recherche d'une augmentation du « savoir » par le « faire » (et inversement).

La mixité des candidatures d'étudiants issus des trois profils de baccalauréat (général, technologique et professionnel) est encouragée. La diversité culturelle et structurelle des enseignements (université, ateliers CFA et Chambre des Métiers) doit favoriser l'insertion durable d'étudiants *a priori* non destinés à suivre un cycle universitaire classique et permettre aux étudiants issus de baccalauréats généralistes de bénéficier de l'approche pratique du métier propre à l'artisanat.

Aux cours universitaires fondamentaux d'arts appliqués, la Chambre des Métiers ajoute une approche des réglementations et des modes de gestion professionnels, ainsi que des séquences pédagogiques relatives à l'histoire, à l'anthropologie sociale et aux mutations socio-économiques du secteur. L'approche didactique s'appuie notamment sur la conceptualisation et la pratique de la *circularité* entre l'atelier de conception et le chantier de fabrication ⁽¹⁸⁾ : des artisans formateurs interviennent pour présenter leurs pratiques et participer à des projets en co-conception avec les étudiants, tandis que les enseignants du Centre de formation des apprentis accueillent les étudiants dans leurs ateliers pour des sessions d'initiation aux protocoles d'utilisation des machines et de fabrication de prototypes.

Par ailleurs, la Chambre des Métiers a souhaité, dès le démarrage du programme, associer étudiants et artisans dans une alliance bijective entre formation initiale des étudiants et formation continue des entrepreneurs aux fondamentaux des arts appliqués. Il s'agit de constituer un écosystème favorable à la meilleure coopération possible entre les divers acteurs lors de stages, de la mise en œuvre de projets ou de sessions d'apprentissage. Les potentialités de nouveaux usages et pratiques sont plus aisément détectables pour un étudiant aguerri aux contraintes des matériaux et des procédés de fabrication, comme pour un artisan initié aux principales formes et mouvements du *design*. En outre, l'accueil d'un *designer* au sein de l'ate-

lier, du laboratoire ou du chantier nous semble devoir être pensé sur les bases d'un langage et de fondamentaux partagés.

Dans le cadre de la Licence 2 et de la future Licence 3 professionnelle « *Artisan designer* », la Chambre des Métiers du Tarn-et-Garonne propose des enseignements de modélisation numérique appliquée aux métiers. Nous citerons ici l'intervention pédagogique d'une ingénieur-*designer* ⁽¹⁹⁾ formant les étudiants à la génération de motifs à l'aide du logiciel *Processing* ⁽²⁰⁾, puis à la modélisation en trois dimensions de moules qui seront ensuite « imprimés » grâce à la technologie de fabrication additive tridimensionnelle. Ces moules servent ensuite à la fabrication de carreaux de faïence. Le lien ainsi établi entre code informatique et fabrication matérielle met à la fois en évidence, en quelque sorte, « une matérialité du code » et une virtualisation de la forme de production artisanale. Le code « artisanal » est celui par lequel le programmeur essaie et teste les formes des objets virtuels en les mettant à l'épreuve de la fabrication. L'artisanat codé se concevrait ainsi comme une traduction numérique de la matérialité des usages et des formes des métiers.

Sans prolonger plus loin le propos sur l'hybridation des pratiques et des identités entre artisanat et numérique ou artisanat et *design*, il semble que l'objet formé par la démarche *design*-artisan pourrait correspondre à ce que Hubert Guillaud ⁽²¹⁾ dénomme *antidisciplinarité*, une démarche transcendant le questionnement des formations interdisciplinaires autant que les réticences néocorporatistes. Une telle approche devrait permettre d'accompagner l'innovation « métier » sans remettre pour autant en question les fondamentaux disciplinaires, ni l'épanouissement de la créativité dans le travail chère à Hannah Arendt : un travail conçu en tant qu'œuvre, en tant qu'expression globale de la personne humaine ⁽²²⁾.

Un Répertoire numérique du geste artisanal

Richard Senett ⁽²³⁾ identifie l'artisan comme le détenteur d'un « savoir de la main » s'exerçant par une « conscience matérielle ». L'artisan reconnaît son *alter ego*, identifie les

(17) Académiquement enregistré sous la mention « *Arts Design Sciences et Techniques* » pour les deux premières années. La première promotion a été accueillie à la rentrée 2014-2015.

(18) « *L'architecture vécue en artisanat* » par Alvar Aalto et « *La Circularité atelier-chantier* » par Renzo Piano, in *La main qui pense*, Juhani Pallasmaa, Éditions Actes Sud, 2013.

(19) Diplômée de l'École nationale supérieure de création industrielle, Sonia Laugier exerce au sein du collectif *Les Arts codés* (cité plus haut).

(20) *Processing est un logiciel libre de génération par programmation de bibliothèques d'images 2D et 3D.*

(21) GUILLAUD (Hubert), *L'avenir est-il à l'antidisciplinarité ?*, février 2016.

<http://www.internetactu.net/2016/02/25/lavenir-est-il-a-lantidisciplinarite/>

(22) ARENDT (Hannah), *Condition de l'homme moderne*, Éd. Calmann-Lévy, 1961.

(23) SENETT (Richard), *Ce que sait la main, la culture de l'artisanat*, Éd. Albin Michel, 2010.

potentialités du jeune apprenti et évalue le professionnalisme d'un « collègue » dans le positionnement inné du corps et la bonne tenue de l'outil d'où résultent fluidité et efficacité du geste.

Le Répertoire numérique du geste artisanal (RNGA) a pour ambition de constituer un référentiel médiatico-technique (par la captation des mouvements de l'artisan sous format vidéo 2D et/ou code 3D) des gestes et pratiques des métiers. Il est conçu au travers d'une association de ces captations avec les termes professionnels propres au métier concerné indexés selon les entrées « action »/« outil »/« matière ».

Développé en autoproduction ⁽²⁴⁾ par la Chambre des Métiers du Tarn-et-Garonne, ce programme associe les artisans locaux, l'équipe administrative de conseillers et des étudiants et chercheurs. La méthode de référencement des gestes est basée sur les travaux de l'anthropologue André Leroi-Gourhan et s'inscrit dans une ambition encyclopédique susceptible d'évoquer les travaux de Diderot et d'Alembert. Les gestes sont définis par l'association de verbes d'action avec la dénomination ⁽²⁵⁾ des matières et outils impliqués. Il s'agit ainsi de constituer une « grammatisation ⁽²⁶⁾ numérique des gestes des métiers ». Le dimensionnement séquentiel répond strictement au geste de l'artisan dans ses dimensions intentionnelles ⁽²⁷⁾ et opérationnelles associant l'action, l'outil et la matière, envisagés chacun dans une unicité de temps, de lieu et d'objectif de production.

L'approche plasticienne ⁽²⁸⁾ du programme a constitué une piste de développement à la fois productive et créative ⁽²⁹⁾. Les premières diffusions du dispositif du RNGA ont pris la forme de projections de séquences en format *Mapping Vidéo* ou d'installations interactives dans des médiathèques et des centres d'art locaux ⁽³⁰⁾. Cette médiation culturelle s'est avérée essentielle pour une meilleure appropriation de la démarche par les acteurs territoriaux. La contribution directe et autonome des artisans au Répertoire (sur laquelle nous travaillons actuellement avec l'établissement de protocoles pour l'auto-captation et l'archivage des séquences) est importante en ce qu'elle permet de constituer un référentiel patrimonial pour une utilisation des savoir-faire des métiers au travers d'applications pédagogiques, économiques, techniques, ludiques, cinématiques...

La modélisation du geste de l'artisan (comme généralement toute technique de *motion capture*) produit un effet spectaculaire lors de rendus par des dispositifs de simulation ou d'immersion. Les applications au *e-learning* et à l'apprentissage des métiers sont particulièrement orientées vers ce type de solutions ⁽³¹⁾, permises notamment par la démocratisation du casque de réalité augmentée. Des applications mobiles proposent également un complément d'apprentissage aux métiers artisanaux sous la

forme de *serious games* ⁽³²⁾. Au travers de ces dispositifs de ludification et de mise en image des situations professionnelles, ce sont avant tout les termes et la sémantique des métiers qui acquièrent une nouvelle visibilité.

Autre constat contre-intuitif : les applications médicales de capsules d'images ou de codes des gestes du travailleur artisanal ne passeraient pas par la définition de gestes standards, mais au contraire par une hyperpersonnalisation de la modélisation du squelette et des mouvements du corps. L'auto-captation des mouvements et des gestes de tension, friction, torsion ou confrontation avec un outil et/ou une matière dans des circonstances données permettraient le repérage et l'analyse de postures susceptibles d'être la cause de troubles musculo-squelettiques. L'intérêt d'un tel programme réside précisément dans les potentialités liées à l'individuation de l'action captée (et de l'image ou du code en résultant), d'un « sur-mesure » numérique en adéquation avec la matérialité du geste.

Le Répertoire numérique du geste artisanal s'est imposé progressivement dans une volonté et une nécessité d'intégration de savoir-faire patrimoniaux au sein d'une humanité en « devenir numérique ». La question d'une éventuelle résistance ou d'une certaine appréhension de l'artisan à dévoiler son savoir-faire (décomposé de manière quasi-clinique par le dispositif) aurait pu se poser et faire obstacle à l'universalité d'une telle recherche. Les retours opérationnels témoignent au contraire de ce que les artisans dans leur grande majorité font preuve d'un « geste » de transmission sans calcul ni réserve d'un passé hérité vers un futur augmenté.

(24) Le caractère interne à la Chambre consulaire du programme est essentiel à la contribution des artisans, à sa bonne assimilation et à sa diffusion méthodologique par les différents opérateurs.

(25) Il nous faut ici préciser la difficulté (question déjà abordée dans les écrits de Diderot) du recueil auprès des artisans des termes spécifiques aux métiers qu'ils exercent.

(26) AUROUX (Sylvain), La Révolution technologique de la grammatisation, Éd. Mardaga, 1994.

(27) Les artisans qualifient le « bon » geste par l'anticipation de ses effets au moyen de la connaissance héritée des apprentissages et surtout d'une pratique répétée.

(28) Doctorant « plasticien numérique » inscrit au Laboratoire de recherche en audiovisuel de l'Université Toulouse 2, Maxime Thiebault, en contrat CIFRE (convention industrielle de formation par la recherche) avec la CMA 82, a réalisé à ce jour la plupart des captations vidéo et 3D en ateliers, en laboratoires et en chantiers artisanaux locaux, ainsi que le traitement des images pour alimenter les installations et les dispositifs de projection.

(29) Les compagnies chorégraphiques ont été des précurseurs dans l'utilisation de logiciels open source (notamment en détournant le capteur de console de jeu kinect®) pour permettre la captation des mouvements du corps des danseurs.

(30) <https://vimeo.com/134633525>

(31) <http://www.mimbus.com/fr/>

(32) Hair teach 3D sur <http://www.agtdigital.com/>

Faire pour inventer l'avenir : une utopie concrète ?

Par **Rafaële COSTE LARTIGOU**

Inspectrice de l'Éducation nationale chargée de l'information et de l'orientation dans l'académie de Versailles

et **Emmanuelle REILLE-BAUDRIN**

Chercheur au CRTD-Cnam et directrice d'un centre d'information et d'orientation (académie de Créteil)

Des résultats d'une recherche fondée sur l'analyse de l'activité dans un espace de *coworking* jusqu'au développement d'espaces innovants dans l'école, nous interrogerons la fonction du faire : faire un travail dans l'univers professionnel et faire pour inventer et apprendre dans l'univers scolaire. Centrée sur l'activité dans ses formes nouvelles et ses transformations à venir, cette contribution envisagera le développement de l'agir comme un puissant moyen d'avenir. Changement de paradigme, transformation des organisations, invention pédagogique s'envisagent ici dans une dimension collaborative et participative. Faire pour inventer l'avenir : une utopie concrète ? Une voie de formation en devenir ?

Le monde s'invente tous les jours. Aujourd'hui, c'est la rapidité des transformations qui nous occupe et préoccupe. Le rythme s'accélère et complexifie le développement de modèles. La linéarité de la pensée, des projections et des parcours sont remis en cause et déviés, imposant l'inconnu comme une donnée de cette équation.

À partir d'une recherche fondée sur l'analyse du *coworking*, une forme nouvelle d'organisation du travail, nous interrogerons comment l'école s'est emparée de ces résultats pour créer et développer des espaces pédagogiques innovants, où le *faire* est au cœur de l'enseignement professionnel.

À la rencontre d'une nouvelle organisation du travail : le *coworking*

Nos travaux de recherche en clinique du travail ⁽¹⁾ portent sur les processus psychologiques en jeu dans l'activité de travail. Ils interrogent les liens entre activité de travail et santé au travail, entre organisation du travail et développement des sujets. C'est dans ce cadre que nous avons engagé une recherche, aux Studios Singuliers ⁽²⁾, un espace de *coworking*. Cet espace singulier vient interroger nos modèles théoriques et ouvre la voie à une nouvelle organisation du travail utopique, mais bien concrète. Face aux transformations profondes du travail, le *coworking* est plus qu'une alternative adaptative, c'est une réponse créative, une forme nouvelle d'organisation collective, une fenêtre déjà ouverte sur l'avenir. La conduite d'un projet de recherche basé sur la co-analyse de l'activité de *coworkers*, d'une part, et de celle des co-fondateurs du

lieu, d'autre part, nous a permis d'analyser les enjeux et les fonctions psychologiques de ces pratiques d'avenir dans ce lieu de projets et de rites partagés ⁽³⁾.

Les origines du *coworking* sont situées aux abords de l'année 2005, à San Francisco. Il est envisagé comme une réponse directe aux transformations du travail liées à la globalisation, d'une part, et au développement de nouvelles technologies d'information et de la communication, d'autre part. Le *coworking* est « une nouvelle organisation de travail consistant à partager des locaux professionnels » ⁽⁴⁾. Si ce partage de l'espace est central, les résultats de notre recherche nous conduisent à l'envisager plutôt comme une organisation du travail innovante, où *faire [le] travail ensemble* est un préalable pour parvenir à *travailler seul*, à être *seul en présence des autres* ⁽⁵⁾. Les Studios Singuliers permettent aux *coworkers* d'inventer ensemble

(1) Emmanuelle Reille-Baudrin est membre de CRTD-Cnam (EA4132).

(2) Camille Garnier, Sébastien Malcotti et Basil Samson, jeunes designers, ont créé, en 2013, Les Studios Singuliers, un espace de *coworking* parisien - <http://studios-singuliers.fr/>

(3) BRYON-PORTET (C.), « Les Rites de convivialité dans les escaliers de chasse de l'armée de l'air », Communication & Organisation, n°44, 2013, pp. 149-164 ; REILLE-BAUDRIN (E.) & WERTHE (C.), « Le Développement du collectif : un moyen durable de prévention de la santé au travail ? », Nouvelle revue de psychosociologie, n°10, 2010, pp. 209-221.

(4) <http://www.ciel-mon-bureau.fr/pourquoi-un-essor-du-co-working-1246>

(5) WINNICOTT (D. W.), De la pédiatrie à la psychanalyse, Paris, Payot, 1969.



L'espace d'accueil des Studios Singuliers.

« Les Studios Singuliers permettent aux *coworkers* d'inventer ensemble les moyens et les conditions pour pouvoir travailler quand l'emploi manque, sans pour autant partager la même activité. »

les moyens et les conditions pour pouvoir travailler quand l'emploi manque, sans pour autant partager la même activité. Le *coworking* ne peut donc être réduit au seul partage de locaux professionnels. Il surgit, bouleverse nos références et s'impose comme une organisation du travail utopienne⁽⁶⁾. *Coworker* est un nouveau moyen collectif pour parvenir à travailler et vivre *créativement*⁽⁷⁾. Ce qui semble relier les fondateurs de ces espaces et ceux qui les utilisent est l'invention d'un nouveau moyen de travailler, et donc de vivre.

Du *coworking* à l'école, « faire [le] travail » ensemble : le FabLab, un moyen d'avenir

Un travail de collaboration entre l'observatoire des pratiques et des politiques en orientation du Conservatoire national des Arts et Métiers (Cnam) et les services académiques d'information et d'orientation (de l'Éducation nationale) est engagé de longue date, faisant de l'école un terrain de recherche. C'est dans ce cadre que les résultats cités précédemment croisent l'initiative sur laquelle nous allons nous pencher. Une convergence pour des enjeux partagés et des finalités communes : le FabLab 92, un espace où le *faire ensemble* permet de s'inventer et d'inventer l'avenir. Une préoccupation centrale pour des citoyens en devenir.

Ce projet privilégie une entrée par un enjeu de société : « développer chez l'élève le sens de l'engagement et de l'initiative⁽⁸⁾ », un objectif national qui est inscrit dans la loi de refondation de l'école de demain⁽⁹⁾ et du Parcours Avenir. Il s'agit, dans cette perspective, de faire découvrir le monde aux jeunes afin qu'ils puissent s'y situer, s'y projeter, prendre des risques, faire des choix (y compris d'orientation), de les mettre en capacité d'inventer leurs parcours singuliers de formation et d'insertion en fonction des évolutions et des opportunités d'un monde à venir. Le Parcours Avenir s'enrichit des autres parcours : PEAC (éducation artistique et culturelle), Parcours Citoyen, Parcours Santé. Les objectifs convergent : découverte du monde culturel et artistique à travers ses mutations (l'art numérique, par exemple), découverte de l'action citoyenne... et développement de la capacité des jeunes à s'engager, à créer. Ces Parcours permettent de faire de

(6) BLOCH (E.). *Le Principe Espérance*, vol. 1. Gallimard, Paris, 1976 ; LALLEMENT (M.), *L'âge du faire - Hacking, travail, anarchie*, Paris, Seuil, 2015.

(7) WINNICOTT (D. W.), *Conversation ordinaire*, Paris, Gallimard, 1988.

(8) *Parcours Avenir*, arrêté publié au J.O n°0155 du 7 juillet 2015.

(9) Article 47 de la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République du 8 juillet 2013.

l'élève, de la maternelle au lycée, un citoyen actif et éclairé du monde de demain.

Pour cela, faire avec d'autres s'impose, et travailler avec les partenaires extérieurs est une nécessité. Ce projet né de plusieurs constats a vu le jour lentement. Tout d'abord, l'école, pour porter cette mission, ne peut à elle seule accompagner l'élève dans l'élaboration de son parcours d'orientation, elle doit s'ouvrir au monde. La mise en œuvre du parcours est donc une occasion unique de développer des projets partagés. Dans notre cas, ce travail collaboratif s'est inscrit au cœur d'un territoire vivant et situé, le département des Hauts-de-Seine, et dans une dynamique partenariale riche et variée. Ensuite, l'étanchéité et les cloisonnements entre les mondes de l'enfant-élève (famille, école, amis, loisirs...) et ses temporalités marquées (temps scolaires et temps hors scolarité, enfance et adolescence, école et monde du travail...) ne permettent pas d'assurer cette continuité d'existence⁽¹⁰⁾ qui garantit les trajets, les parcours individuels et collectifs, et plus largement la santé. Enfin, de nombreuses initiatives solitaires émergent sans toujours pouvoir parvenir à se développer, faute de terrain fertile ou d'incubateurs adaptés.

Adossé à la charte⁽¹¹⁾ des FabLab, notre espace s'inscrit dans "a global network of local labs, enabling invention by providing access to tools for digital fabrication"⁽¹²⁾, décliné à l'école comme stimulateurs de projets innovants ancrés dans le monde et mobilisant les nouvelles technologies. En somme, des projets qui prennent le risque de faire et de faire faire, en amont des conceptions académiques.

Le sociologue du travail, Michel Lallement, qui s'est immergé durant plus d'un an dans ces nouvelles communautés de la côte ouest des États-Unis, situe ces fabriques d'un nouveau genre dans une nouvelle ère, *l'âge du faire*, et dans une nouvelle aire.

Ce que nous cherchions :

- un lieu ouvert à tous (diversité des partenaires, des publics : entreprises, associations, élèves, professeurs, parents...),
- un lieu de rencontres et de créations collaboratives :
 - une fabrique de communautés, de connexions, du numérique, de projets indépendants mais connectés entre eux, avec comme objet partagé une culture commune,
 - un lieu d'innovation, dont les projets poursuivent la même utopie concrète : « refabriquer le monde ».

À partir des résultats de la recherche citée précédemment, nous avons souligné les effets des transformations des organisations et des espaces physiques et symboliques de travail sur les pratiques mises en œuvre, qui bousculent le rapport de chacun au travail, faire travail devenant le primat du travailler. De la même manière, nous souhaitons mettre en lumière comment cette « fabrique » s'imposant dans un contexte en mutation peut devenir un laboratoire non seulement du faire, mais aussi de l'apprendre. Un pari où l'envie de faire réinvente la pédagogie et stimule les savoirs. Ici, atteindre le prescrit national cité précédemment, « développer chez les élèves la capacité à entreprendre », est le résultat visé par la structure elle-même,

qui invite à penser différemment, à inventer, à revisiter les pédagogies. Les projets initiés et menés dans le cadre du FabLab 92 deviennent donc un but pour les jeunes, mais aussi pour tous les partenaires et professionnels de l'école, un moyen d'inventer ensemble ses formes pour demain, l'utopie concrète par excellence, si l'on suit Ernst Bloch (1976).

Du rêve « fou » à l'utopie concrète : un projet collectif, Wweeddo⁽¹³⁾

Dans cette fabrique d'avenir, il est un projet qui permet d'oser faire quelque chose de beau, de bien, de grand ! C'est un dispositif innovant qui donne aux jeunes de 13 ans à 25 ans scolarisés ou non les moyens de rêver, d'oser, de construire et de réussir des projets. Les enjeux de Wweeddo sont de donner aux jeunes l'envie d'entreprendre leur vie avec confiance, de leur faire découvrir qu'ils sont au cœur d'un environnement local qui peut leur être favorable et qui peut les soutenir : l'école, la famille, les entreprises et les collectivités locales, les réseaux sous toutes leurs formes.

Inscrit dans le FabLab 92, Wweeddo est soutenu par la direction départementale des services de l'Éducation nationale (DSDEN) des Hauts-de-Seine (92), partenaire public pour le Programme d'Investissement d'Avenir. C'est dans ce cadre que nous avons été sollicitées pour faire une évaluation qualitative de l'impact de Wweeddo sur l'activité des jeunes engagés dans ce projet.

Wweeddo est un dispositif qui donne aux jeunes les moyens d'élaborer et de construire ensemble des projets individuels ou collectifs dans le cadre d'ateliers, au sein de leur établissement scolaire. C'est aussi une plateforme *Web* participative qui leur permet de publier leurs projets, de les partager et d'obtenir des soutiens de tous ceux qui les entourent : écoles, familles, entreprises, collectivités locales et communauté du *Web*. C'est de ce fait un écosystème qui met en mouvement un grand nombre d'acteurs privés et publics auprès des jeunes. Plateforme de l'univers du *crowdfunding*, il bénéficie de la capacité de la multitude à faire avancer des projets. Il existe de nombreuses communautés de ce type à travers le monde, qui érigent le participatif et le collaboratif comme moyen et but.

Dans ce paysage, Wweeddo se singularise. Il se niche dans l'école et produit de ce fait une hybridation pé-

(10) WINNICOTT (D.W.), L'enfant, la psyché et le corps, Paris, Payot, 1999.

(11) <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>

(12) Les Fab Labs sont un réseau mondial de laboratoires locaux qui dopent l'inventivité en donnant accès à des outils de fabrication additive et d'impression 3D. Nés dans le sillage du mouvement « do it yourself », les FabLab connaissent aujourd'hui un engouement certain, aussi bien auprès des entrepreneurs et des porteurs de projets indépendants, qu'auprès des industries technologiques « plus classiques » (des secteurs de pointe de l'aéronautique et du spatial, notamment), qui, grâce à ces nouveaux espaces de coopération et de mutualisation que sont les FabLab, disposent localement d'outils de fabrication leur apportant souplesse et innovation.

(13) <https://wweeddo.com/>

dagogique. À la disposition des jeunes et des équipes éducatives, Wweeddoo greffe, au cœur de la pédagogie scolaire, des logiques venues d'ailleurs, une manière de se former pour l'avenir. Le «e-» s'invite, sous toutes ses formes : celles d'une économie en quête de nouveaux modèles (Uberisation), celle d'un développement scientifique au service des e-technologies, celles d'une nouvelle forme de e-formation.

Engagées dans ce projet pour en analyser, par une démarche qualitative, l'impact sur les processus psychologiques de projection et d'action des jeunes, nous avons à ce jour réalisé nos premières observations *in situ* dans une classe de troisième d'un collège de Gennevilliers dans le cadre d'un dispositif de la mission de lutte contre le décrochage scolaire (MLDS) auprès de jeunes en re-préparation du baccalauréat général (série économique et social).

Proposant des situations à inventer pour chaque projet, c'est un gisement potentiel d'innovations pédagogiques au service du devenir des rêves les plus fous. De là à leur conversion en utopies concrètes, il reste un chemin à parcourir afin de libérer les pratiques pédagogiques des concepts qui les figent, et de les porter à l'horizon de possibles encore inexploités.

À partir de deux exemples concrets de projets de jeunes issus de nos observations, nous pointerons tant les ressources de ce dispositif que les obstacles restant à franchir. Il s'agit de soutenir en toute sécurité la prise de risque inévitable liée à l'objectif qui consiste à tenter de relier rêve et réel dans un espace de formation ayant une visée d'avenir.

Le rêve fou de Smahane, 15 ans, est de « rendre les gens plus heureux en les rendant plus beaux ». Elle situe, lors d'un atelier Wweeddoo, son « grand projet en Afrique » et l'envisage sous la forme d'un salon de coiffure itinérant :

« Depuis « toute petite », j'ai envie de coiffer les gens. En les coiffant, ça donne une image d'eux-mêmes plus agréable et plus de confiance. Développer des lieux de coiffure, même dans des pays très pauvres... : être beau, bien coiffé, c'est pour tous ! ».

Lors de cet atelier, Smahane se projette à l'horizon 2022. Dans ce genre de situation, le risque est d'engager une projection dans une perspective temporelle tellement éloignée qu'elle pourrait masquer l'avenir à court terme, empêcher l'activité au présent et se retourner alors contre Smahane. Le réel, dans ce cas, est revenu par le collectif, proposant à Smahane d'autres voies de réalisation à moyen terme et pouvant servir de levier pour son « grand projet » :

« Coiffer - dans le quartier - les mères débordées », « s'engager dans des études de coiffure dans des conditions favorables », « réaliser des tutoriels sur Internet », « faire un book Smahane-coiffure » et « utiliser Wweeddoo comme moyen moderne de bouche à oreille » : c'est toute la pédagogie par projet et objectifs qui se déploie ici naturellement, de surcroît à l'initiative des jeunes eux-mêmes. Cette dimension collaborative est très largement sous-estimée et sous-employée lorsqu'elle est mobilisée de ma-

nière plus académique : ici, le savoir est partagé, enrichi du collectif et offert à Smahane, là où bien souvent, il est à gagner personnellement et durement.

Kitoko a 20 ans. Après un échec au baccalauréat suivi d'un temps de décrochage et d'errance, il prépare à nouveau son diplôme avec une vingtaine d'autres jeunes dans le cadre d'un dispositif MLDS. L'atelier Wweeddoo est proposé par groupe de dix et est animé par la coordonnatrice dans le cadre « d'ateliers du changement », dont l'objectif est clairement de convertir une expérience négative (échec au bac) en ressource.

Ici, compte tenu de l'âge des jeunes et de leurs parcours, l'invitation qui leur est faite de se projeter dans un rêve fou achoppe sur le réel à très court terme (avoir le bac) et sur les calendriers qui lui sont liés, et sur le choix d'une formation post-bac.

S'affranchir de ces contraintes prendra plusieurs séances. Kitoko y parviendra :

« Je rêve de créer ma start-up de stylisme. Je l'appellerai « Poison d'Ève, perdition d'Adam ou Nuances, au pluriel, de Kitoko... ».

Dans le travail collectif, c'est tout le vocabulaire de l'innovation d'entreprise qui est mobilisé (mini-entreprise, création de sites, incubateur de *start-ups*...), laissant loin derrière l'objet même du projet de Kitoko, à savoir le stylisme. Le stylisme est ici un (pré)texte, ou quand le but avancé n'est en somme que le moyen de parvenir à énoncer le désir d'intégrer une communauté de jeunes travailleurs. Kitoko découvre à travers l'échange avec le groupe que priment pour lui le milieu et les modalités de travail, c'est-à-dire un imaginaire valorisé, plutôt que l'objet même de la *start-up* de ses rêves.

Le répondant pédagogique à cette découverte conduira le groupe tout entier, avec l'aide des enseignants des différentes disciplines, à identifier et à accéder aux contenus, aux savoirs nécessaires à la création d'entreprises, aux règles juridiques et économiques, au développement numérique, à la gestion et au management d'entreprise. Wweeddoo a permis à Kitoko de formaliser et d'atteindre une première étape, un jalon réalisable : utiliser cette plateforme collaborative et la communauté Wweeddoo pour réaliser un stage dans un incubateur de *start-ups*. Si, à première vue, le projet est moins ambitieux, il évite à Kitoko la répétition toujours possible d'un échec. Le besoin de réussite, la perspective temporelle atteignable et le fait d'être sujet de ce projet concret soutiennent sa motivation⁽¹⁴⁾ et son agir pour l'avenir.

Une fois le rêve fou pris au sérieux, il devient alors possible de mobiliser les ressources (savoirs formels et informels), les appuis (communautaires intra- et/ou extrascolaires) et les moyens d'oser pour faire : le rêve à portée de main peut devenir utopie concrète, ou rester du côté du rêve.

(14) En lien avec les travaux de J. Aubret et Y. Forner relatifs à la motivation et à son évaluation.

Pour soutenir notre propre rêve fou, celui de faire pour inventer l'avenir, celui d'une pédagogie qui soit à l'écoute de ces formes nouvelles de savoirs, de modalités d'apprentissage, d'organisations économiques, professionnelles et humaines, osons *faire travail*. Prime ici le mouvement. Si, aujourd'hui, nous sommes bien souvent pris dans un mouvement familier qui consiste à apprendre du monde tel qu'il est et tel qu'il se donne à voir (ou tel qu'il a été et a laissé ses traces), c'est un mouvement autre qui s'éveille, avec ces espace créatifs, des psycho-dynamiques dont les coordonnées sont à inventer, dont l'origine se situe dans un rêve éveillé, la réalisation dans l'avenir et les moyens dans le collaboratif. Mouvement fragile,

dont il nous revient de prendre soin, car « *le mythe de l'avenir comme promesse peut faire de notre vie un en deçà perpétuel* » ⁽¹⁵⁾.

Vécu et non vécu orientent et soutiennent ces nouvelles pratiques. Dès lors, on ne peut imaginer de nouvelles pratiques sans prendre le risque d'inventer de nouvelles pédagogies, plus fluides, plus mobiles et plus plastiques, qui puissent servir de support au changement...

(15) PHILLIPS (A.), *La Meilleure des vies - Éloge de la vie non vécue*, Paris, Éditions de l'Olivier, 2013.

Comment approfondir les relations entre l'école et l'entreprise pour préparer les jeunes aux réalités économiques de demain ?

Par **Christiane DEMONTÈS**

Directrice de Centre d'Information et d'Orientation

Jamais autant qu'aujourd'hui, l'avenir des métiers et du monde économique n'a paru aussi illisible. Et pourtant, chaque année, des jeunes scolarisés, des étudiants font des choix d'orientation scolaire et professionnelle. Dans ce contexte, comment préparer les jeunes à entrer dans la vie professionnelle en les dotant des compétences, des savoir-faire et des savoir-être nécessaires à leur réussite ?

Le rapport que j'ai rédigé pour le ministère de l'Éducation nationale et rendu en octobre 2015, insiste sur le nécessaire renforcement de la relation école/entreprise et l'institutionnalisation de celle-ci pour préparer l'avenir professionnel des jeunes générations.

En s'appuyant sur les expériences positives et leur généralisation, l'Éducation nationale et le monde économique peuvent relever ce défi.

En France, l'école et l'entreprise ont longtemps entretenu des relations difficiles, disparates, voire indifférentes. La création des diplômes professionnels avec l'obligation de séquences éducatives en entreprise a certes permis des rapprochements, mais souvent des rapprochements entre acteurs (enseignants professionnels et cadres d'entreprise ou artisans) et sans réelle influence sur le rapprochement institutionnel entre les établissements scolaires et les entreprises.

L'apprentissage a longtemps été vécu par l'école comme le moyen, pour des enfants « pas faits pour l'école », d'apprendre un métier et de trouver un emploi. Aujourd'hui, l'apprentissage est devenu une « voie d'excellence » et, depuis dix ans, il s'est développé pour préparer à des diplômes de l'enseignement supérieur (brevet de technicien supérieur et diplôme universitaire de technologie - niveau 3 ; licence professionnelle, master, diplôme d'ingénieur - niveaux 2 et 1), au détriment des premiers niveaux de qualification (certificat d'aptitude professionnelle et brevet d'enseignement professionnel - niveau 5 ; baccalauréat professionnel - niveau 4). Les tuteurs - maîtres d'apprentissage - ont longtemps été associés à une sorte de paternalisme. Mais, grâce à des formalisations de leur rôle et à des formations (en particulier, des formations assurées par des formateurs exerçant dans des centres de formation), leur statut a été officialisé et reconnu.

Depuis plusieurs années, des rapprochements se sont développés entre certains établissements scolaires et certaines entreprises, ainsi qu'entre certaines organisations professionnelles et des rectorats. Le ministère de l'Éducation nationale a signé des conventions de partenariat avec de grandes entreprises et des branches professionnelles. Mais, en règle générale, ces partenariats locaux ou nationaux n'ont jamais été évalués, si bien qu'ils n'ont pas irrigué l'ensemble des acteurs de l'Éducation nationale. Tout s'est passé comme si ces relations organisées pour améliorer l'orientation des élèves en leur apportant des informations sur le monde économique et sur les entreprises, n'avaient pour seul objectif que l'amélioration de la connaissance réciproque entre les acteurs de l'école et les acteurs de l'entreprise avec l'idée (ou plutôt l'illusion) que cela suffirait pour permettre aux élèves de « mieux s'orienter »...

Lors de la Conférence sociale de juillet 2014, qui a été consacrée principalement à la jeunesse, les partenaires sociaux et les ministères concernés ont souhaité que soit réalisée une évaluation « des partenariats noués entre l'Éducation nationale et le monde économique pour l'insertion professionnelle des jeunes ». Une mission a donc été conduite à cet effet, qui a rendu ses conclusions, ses propositions et un plan d'action en octobre 2015 (rapport « Évaluation du partenariat de l'Éducation nationale et



Élève de seconde en préparation du CAP Maintenance des voitures particulières au Lycée professionnel Louis Armand à Machecoul (44), novembre 2014.

« Les tuteurs - maîtres d'apprentissage - ont longtemps été associés à une sorte de paternalisme. Mais, grâce à des formalisations de leur rôle et à des formations (en particulier, des formations assurées par des formateurs exerçant dans des centres de formation), leur statut a été officialisé et reconnu. »

de l'Enseignement supérieur avec le monde économique pour l'insertion professionnelle des jeunes », octobre 2015, Christiane Demontès, cheffe de projet).

Cette évaluation, que j'ai eu la responsabilité de piloter, s'est appuyée sur un rapport réalisé par quatre corps d'inspection générale : l'Inspection générale des Affaires sociales, l'Inspection générale de l'Éducation nationale, l'Inspection générale de l'administration de l'Éducation nationale et l'Inspection générale des Finances. Elle a été suivie d'un plan d'action construit avec le Secrétariat général pour la modernisation de l'action publique (SGMAP).

Le constat réalisé par les inspecteurs généraux à partir de l'examen des situations prévalant dans six académies se révèle plutôt négatif. Ils ont en effet mis en évidence :

- une absence de politique nationale du ministère de l'Éducation nationale, avec notamment des conventions nationales signées avec de grandes entreprises et des

branches professionnelles, des conventions qui non seulement n'ont jamais été évaluées, mais qui de plus n'ont pas été diffusées dans les territoires académiques, elles se sont en outre révélées parfois très coûteuses. Elles se sont avérées être davantage des opérations de communication que des cadres permettant d'améliorer l'efficacité des actions menées dans les territoires en faveur de l'orientation des jeunes ;

- une multitude d'actions foisonnantes dans les établissements scolaires, mais qui relèvent plus d'initiatives locales et ponctuelles que d'une action structurée au niveau régional ou académique ;
- des acteurs de l'Éducation nationale atomisés au sein de leurs territoires, qui, pour la plupart d'entre eux, n'ont pas été initiés aux spécificités de l'entreprise et du monde économique, et ce ni dans le cadre de leur formation initiale ni dans celui de leur formation continue ;
- une absence quasi totale d'évaluation et d'objectifs opérationnels permettant de mesurer l'impact des actions portant sur l'orientation et l'insertion professionnelles des jeunes.

À la suite de ce diagnostic, nous avons élaboré quarante propositions d'action pour changer, demain, la relation entre l'école et le monde économique, avec quatre axes définis comme suit :

- co-construire et piloter une politique publique interministérielle et partagée avec le monde économique ;
- susciter, soutenir et accompagner les dynamiques partenariales locales ;
- renforcer la connaissance mutuelle entre l'école et le monde économique et soutenir les acteurs engagés dans les partenariats ;
- évaluer l'impact des partenariats sur l'orientation et l'insertion professionnelles des jeunes.

Chacun de ces axes fait l'objet d'une déclinaison d'actions pour structurer et consolider les objectifs à atteindre, qui sont rien de moins que de permettre aux jeunes actuellement en formation initiale de se préparer aux emplois de demain. L'enjeu est d'importance, et le défi à relever est essentiel : au-delà de l'acquisition des connaissances, l'école et l'entreprise, à travers l'ensemble de leurs responsables, doivent anticiper l'avenir professionnel des jeunes générations en leur fournissant les outils de leur indispensable adaptation. Force est de constater que ni l'école ni l'entreprise n'ont aujourd'hui les clés pour demain.

Pourtant, dans l'école, les outils existent : au-delà des propositions de notre rapport, qui ont pour ambition de fixer le cadre d'une responsabilité politique partagée, il existe des programmes qui méritent d'être signalés et consolidés. Il s'agit notamment :

- du Parcours Avenir mis en place à la rentrée 2015 et s'adressant à tous les élèves (de la classe de sixième au collège à la classe terminale au lycée et au lycée professionnel) : « Ce parcours individuel, d'orientation et de découverte du monde économique et professionnel doit permettre à chaque élève de comprendre le monde économique et professionnel, de connaître la diversité

des métiers et des formations, de développer son sens de l'engagement et de l'initiative et d'élaborer son projet d'orientation scolaire et professionnelle ». Le préambule de l'arrêté relatif au Parcours Avenir est particulièrement explicite : « Le monde du travail est un monde en évolution permanente et l'obligation d'innovation en est devenue une composante importante. Dans ce contexte, les caractéristiques de la vie professionnelle de demain seront d'exercer des fonctions variées et de changer de domaines d'activité ou de métiers. Dans cette situation de mutation, il convient de permettre à chacun de repérer, d'anticiper et de participer à ces évolutions, de développer son niveau de qualification et de connaissances et, éventuellement, de réorienter son projet professionnel tout au long de sa vie... Pour que ce parcours prenne tout son sens et participe à la culture commune, sa construction doit mobiliser les équipes éducatives des établissements en lien avec les collectivités territoriales et les parents, ainsi qu'avec les partenaires extérieurs en charge d'éducation populaire, culturelle, sportive, environnementale et citoyenne et les représentants du monde économique et professionnel. »

Ce parcours est donc bien un outil à la disposition de tous les acteurs pour ouvrir aux élèves le champ des possibles : immersion dans le monde économique, meilleure connaissance des filières professionnelles, égalité d'accès aux métiers entre filles et garçons, connaissance et approfondissement du numérique et des nouvelles formes d'emploi qu'il va générer.

À ce sujet, le rapport du Conseil national du Numérique (CNNum) intitulé « Travail, emploi numérique, nouvelles trajectoires », rédigé par Benoît Thieulin, son président, et remis à la ministre du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social en janvier 2016 ouvre des perspectives particulièrement intéressantes et pose des questions sociétales d'importance ; cela pourrait inspirer des initiatives scolaires pertinentes favorisant non seulement l'autonomie des individus, mais aussi l'esprit d'entreprendre collectivement. À ce titre, les initiatives portées par l'association *Entreprendre pour apprendre* mériteraient d'être rendues plus lisibles et d'être davantage partagées.

Dans l'enseignement supérieur, les dispositifs existent qui préparent les étudiants à entrer dans le monde du travail. Pour n'en citer que quelques-uns, nous mentionnerons :

- les pratiques innovantes des initiatives d'excellence en formations innovantes numériques (IDEFI-N) (à retrouver sur le site *Web* de l'Agence nationale de la Recherche) ;
- les initiatives s'inscrivant dans le cadre des Programmes d'Investissement d'Avenir (PIA3) ;
- la mise en place des conseils sectoriels nationaux pour anticiper les besoins économiques.

L'objectif est bien de renforcer la lisibilité de l'offre de formation et de faire évoluer celle-ci au regard des enjeux identifiés :

- la création et le renforcement d'un réseau d'enseignants-chercheurs référents par secteur ;
- le soutien à la participation des acteurs économiques

dans les établissements d'enseignement supérieur, aux travaux des Commissions professionnelles consultatives (CPC) chargées de l'élaboration des référentiels de certification des compétences ;

- la diffusion des bonnes pratiques des établissements en matière d'accompagnement à l'insertion professionnelle et de suivi des diplômés (exploitation des potentiels des réseaux sociaux professionnels en vue de l'animation des communautés et du développement d'échanges entre étudiants, enseignants et employeurs) ;
- la valorisation de l'implication des enseignants-chercheurs dans les partenariats ;
- les pôles étudiants pour l'innovation, le transfert et l'entrepreneuriat (PEPITE) : tout étudiant ou jeune diplômé souhaitant être formé à l'entrepreneuriat et à l'innovation est accompagné et aidé au sein d'un PEPITE, les PEPITE (pôles étudiants pour l'innovation, le transfert et l'entrepreneuriat) associant établissements d'enseignement supérieur, acteurs économiques et réseaux associatifs.

Le mécénat de compétences est aujourd'hui peu utilisé pour contribuer au développement des relations entre le monde éducatif et le monde économique. Le Conseil national Éducation-Économie (CNEE) a réalisé une étude sur ce sujet et a identifié plusieurs freins à ce développement, notamment une méconnaissance générale du dispositif par les entreprises, un dispositif qui se révèle d'ailleurs assez peu adapté aux petites et moyennes entreprises (PME).

Des initiatives existent, que ce soit dans les établissements scolaires ou dans les établissements d'enseignement supérieur. Il reste encore à les évaluer, puis à en amplifier la diffusion. C'est à cette condition que le système de formation initiale permettra non seulement aux jeunes actuellement en formation, mais aussi à leurs petits frères et à leurs petites sœurs, de construire leur parcours scolaire et professionnel à venir. Au-delà des savoir-faire qu'ils auront acquis, c'est bien aussi de compétences transversales et comportementales qui leur seront nécessaires. Gageons que les étudiants d'aujourd'hui et de demain sauront s'en sortir pour trouver leur chemin.

Le défi est tout autre pour les jeunes qui sortent chaque année du système scolaire sans qualification et sans avoir les codes nécessaires à leur insertion professionnelle. Il s'agit de leur permettre de retrouver en eux la confiance et l'estime de soi nécessaires pour monter dans le train vers demain. Des expériences intéressantes soutenues par l'Union européenne montrent que la bonne utilisation des réseaux sociaux est un formidable outil pour leur permettre d'évoluer dans leur parcours et de s'intégrer dans la société.

Le plan mis en place par le ministère de l'Éducation nationale pour lutter contre le décrochage scolaire laisse apparaître des résultats intéressants à la fois dans le « décrochage » des élèves décrocheurs et dans les actions de prévention.

C'est bien à l'école qu'il revient - et elle le peut - d'accompagner les jeunes générations dans la préparation de leur avenir et de leur vie professionnelle future.

Former pour l'inconnu : le rôle de la prospective

Par **Thierry GAUDIN**

Président de Prospective 2100,

et **Anne-Marie BOUTIN**

Présidente de l'APCI

Le rôle de l'enseignement n'est pas de perpétuer la civilisation existante, il est de préparer à la société de la seconde moitié du XXI^e siècle. Ce que l'on peut en anticiper laisse entrevoir des transformations d'une ampleur telle que ses fondements mêmes devront être reconstruits dans la perspective d'un nouvel art de vivre.

Imaginons une jeune femme qui, cette année, décide d'avoir un enfant. Il y a de grandes chances pour que cet enfant soit encore en vie en 2100. Son éducation interviendra principalement au cours des décennies 2020 et 2030, et elle devra le préparer à une « vie active » entre 2035 et 2085.

Or, la civilisation du XXI^e siècle s'annonce très différente de celle des siècles précédents. Un véritable « tsunami » se prépare. Ne pas en tenir compte ou se dissimuler derrière un nuage de préjugés et d'ignorance seraient des attitudes irresponsables.

Car les enseignements n'ont pas pour raison d'être de préparer à la société telle qu'elle est, perpétuant ainsi des modes de vie anciens, mais bien de permettre aux jeunes d'être les acteurs de la construction d'une autre société.

Le XXI^e siècle

Le changement climatique et le caractère limité des ressources naturelles

Les prospectives disponibles présentent pour cette période un tableau très différent de celui de la fin du XX^e siècle : en 2080, une planète peuplée de 9 milliards d'habitants, avec une démographie stabilisée, puis sans doute décroissante au XXII^e siècle ; une pyramide d'âges déséquilibrée, avec des classes âgées en proportion plus nombreuses qu'aujourd'hui et un déficit de jeunes, lesquels trouvent plus difficilement leur place dans la société ; un monde largement interconnecté, où les connaissances techniques, scientifiques, historiques et juridiques sont accessibles en ligne ⁽¹⁾, de même que les processus pédagogiques permettant de se familiariser avec elles.

Par ailleurs, des ressources naturelles fortement entamées, sinon épuisées, pour certaines ressources minérales et énergétiques, et des écosystèmes très endommagés par les activités humaines (en particulier, les ressources halieutiques dévastées par la pêche industrielle et les forêts

tropicales humides en partie remplacées par de grandes exploitations agricoles).

Du fait du réchauffement du climat, le niveau des océans aura augmenté d'environ un mètre et la température sera en moyenne de 3 à 5°C plus élevée qu'en l'an 2000, d'où des sécheresses. Les cartes prévisionnelles du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) montrent que le pourtour de la Méditerranée, le Moyen-Orient, l'Afrique du Sud, l'Australie, la Californie, le Mexique et le Venezuela seront particulièrement impactés. Il en résultera des migrations massives - des centaines de millions de personnes ! ⁽²⁾ - vers des régions devenues plus habitables du fait de ce même réchauffement, telles que le Canada, le Groenland, la Scandinavie ou la Sibérie... des régions où l'augmentation de température (~+10°) sera supérieure à la moyenne.

On peut donc conjecturer qu'en remplacement de la recherche de performance dans le discours et de l'abstraction se produira un retour vers les savoir-faire concrets de l'artisan, de l'éleveur et du cultivateur, qui seront indispensables pour habiter et mettre en valeur ces nouveaux territoires.

L'autre difficulté à laquelle l'espèce humaine devra faire face sera l'épuisement des ressources naturelles minérales, mais aussi et surtout biologiques en raison du déclin de la biodiversité.

Le nouveau rôle de l'homme sera dès lors de devenir le gardien ⁽³⁾ de la Nature. À cet effet, il devra modérer ses

(1) Pendant la seconde moitié de ce siècle, plus de 80 % de la population mondiale sera connectée, soit via un ordinateur portable, soit via un smartphone.

(2) D'après le rapport de l'OCDE Securing Livelihoods for All, 2015.

(3) C'est-à-dire le jardinier (même étymologie que « gardien ») : c'est la thèse du « jardin planétaire », expression plus juste que celle de « développement durable ».

appétits excessifs et ses pulsions destructrices. Il devra aussi apprendre à raisonner en termes planétaires et faire fonctionner de nouvelles formes de gouvernance, à la fois locales et globales.

Il est vraisemblable que les prises de conscience des jeunes générations les amèneront à contester la priorité actuellement accordée à nos « besoins » de consommation...

L'évolution des modes de production

Les emplois liés aux activités de fabrication, qui avaient attiré la population rurale vers les villes aux XIX^e et XX^e siècles, sont progressivement occupés par des robots. L'homme devient inutile⁽⁴⁾ à la production. Le système économique que nous connaissons aujourd'hui ne sait déjà plus donner du travail à tous⁽⁵⁾. Il est vraisemblable que, pour faire face à une situation sociale critique, seront institués, d'une part, un « revenu de vie » distribué à tous et, d'autre part, des monnaies complémentaires, l'unification monétaire du XX^e siècle ayant engendré une instabilité critique de la finance⁽⁶⁾.

Dès lors, la saturation des grandes villes accroissant l'insécurité, on devrait observer un reflux vers les villes moyennes et les petites unités rurales qui, moins isolées qu'autrefois du fait du maillage des communications, peuvent reconstruire des capacités variées d'autoproduction et d'approvisionnements locaux. La production sera bouleversée par l'impression 3D et le libre accès aux données et aux outils en ligne. Il faut donc imaginer un autre partage du travail : travail pour soi (autoproduction individuelle) et travail « classique » (participation à la vie de la société) et un autre partage du temps entre travail, formation et loisirs.

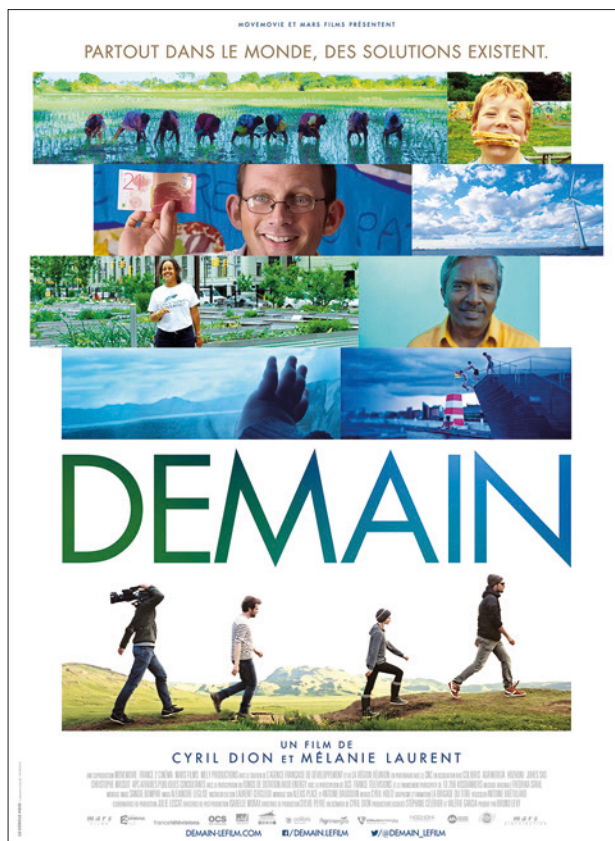
Les mutations en cours de la classe dirigeante

Le système éducatif actuel, en plus de l'enseignement des savoirs et des savoir-faire, a aussi un rôle de sélection de la classe dirigeante *via* des formes élaborées de reconnaissance.

Dans une perspective de communication électronique, de pénurie, de sécheresses et de déplacement de populations, la classe dirigeante sera vraisemblablement fortement renouvelée, comme elle le fut lors de la révolution industrielle, mais sans doute plus rapidement. D'ores et déjà, les fabuleuses accumulations de capital issues des nouvelles technologies, en Californie et ailleurs, montrent que ce remplacement est en cours et qu'il est particulièrement rapide, bien plus que celui constaté lors de l'industrialisation des XIX^e et XX^e siècles.

L'hypothèse d'un reflux de population des grandes villes vers les villes moyennes et le développement d'unités rurales intégrant de petites entreprises autonomes, voire individuelles et artisanales, et d'une part importante d'autoproduction est cohérente avec les conséquences des migrations climatiques.

Les mouvements dits alternatifs, tels que les dépeint le film *Demain* de Cyril Dion et Mélanie Laurent (2015), se sont développés ; ils semblent mieux correspondre aux aspirations d'une part croissante de la population que la vie urbaine dans des mégalo-poles.



Affiche du film « Demain » de Cyril Dion et Mélanie Laurent.

« Les mouvements dits alternatifs, tels que les dépeint le film *Demain* de Cyril Dion et Mélanie Laurent (2015), se sont développés ; ils semblent mieux correspondre aux aspirations d'une part croissante de la population que la vie urbaine dans des mégalo-poles. »

Néanmoins, les très grandes villes existent, et les réfugiés, chassés par des guerres, des persécutions ou le déclin de ressources naturelles (dû notamment à des sécheresses) n'ont souvent pas d'autre issue que d'essayer de s'insérer dans leurs banlieues. Là, dans un contexte de surpopulation exacerbé, règnent la prédation, la drogue et différentes formes de manipulation psychique d'inspiration religieuse ou non.

Une planète peuplée de 9 milliards d'habitants sur laquelle les ressources naturelles ont été surexploitées et endommagées, voire épuisées, présentera très vraisemblablement des symptômes de saturation générateurs de violence et de prédation.

Dans un tel contexte, il est logique d'anticiper que la classe dirigeante s'efforcera de se maintenir en place et,

(4) Voir *L'homme inutile*, de Pierre-Noël Giraud, Éditions Odile Jacob, 2015.

(5) Voir l'article de Christiane Demontès consacré aux relations entre l'école et l'entreprise, et celui de Bruno Monpère traitant de l'artisanat, deux articles publiés dans ce numéro des *Annales des Mines*.

(6) Voir le rapport dirigé par Bernard Lietaer du Club de Rome européen : *Money and Sustainability - The Missing Link*.

comme par le passé, de transmettre à ses descendants des positions privilégiées. L'apparition, dès la fin du XX^e siècle, des *gated communities* aux États-Unis, ces villes fermées et surveillées dans lesquelles s'isolent les riches, montre bien leur perception de dangers réels et les conséquences en termes de ségrégation sociale.

Il faut donc s'attendre à une civilisation dans laquelle la violence n'aura pas disparu, bien au contraire. La seconde moitié du XX^e siècle a toutes les chances d'apparaître rétrospectivement comme une époque calme et bienveillante. Il serait prudent que l'éducation ⁽⁷⁾ en tienne compte et qu'elle enseigne les moyens permettant de faire face aux violences, tout en favorisant l'émergence de différentes formes de conscience universelle - en s'appuyant sur les moyens techniques disponibles en matière de communication et de traitement de l'information ⁽⁸⁾.

Posons-nous tout de même la question suivante : « Y aura-t-il encore une classe dirigeante, et quelles en seront les valeurs ? ».

À l'organisation traditionnelle de la société, avec des experts, des territoires, un attachement à la propriété, un pouvoir et des décisions venues d'en haut, se substitue progressivement une organisation plus agile faite de réseaux, de projets et de pouvoir partagé. L'enseignement a pour mission d'anticiper et d'accompagner cette évolution pour éviter l'éclatement d'une société tiraillée entre ces deux modèles.

L'émergence d'une conscience universelle et son incidence sur l'accès au savoir

À cet égard, il faut prendre acte du besoin qu'ont les humains de se référer à des récits fondateurs qui les aident à construire leurs identités individuelles et collectives.

La plupart des récits rapportés par l'histoire et les religions, qui prétendent définir l'identité des peuples, sont déjà et seront de plus en plus l'objet de lectures critiques. Il en résulte que les relations entre les différentes cultures devraient évoluer à terme dans le sens d'une plus grande compréhension, contrairement à ce que les événements récents pourraient laisser croire.

Le travail des historiens et des philosophes du XX^e siècle a déjà fourni des arguments dans ce sens. Ainsi, les travaux espagnols reconnaissent l'apport de l'époque d'Al Andalus (~XII^e siècle de notre ère) durant laquelle la chrétienté a bénéficié des apports des sciences arabes ; les Américains découvrent les enseignements des peuples premiers et la richesse de leur histoire précolombienne ; la Chine pour sa part, après la découverte à Xi'an de statues de guerriers enterrées, reconstitue l'histoire de l'unification de l'Empire du Milieu, ce qui aide à la compréhension du taoïsme, du confucianisme et des fluctuations de la « bureaucratie céleste ».

De même, des courants religieux actuellement méconnus tels que le zoroastrisme, le bahaïsme, le gnosticisme ou le soufisme et ceux des peuples premiers, qui enseignent la communion avec la nature, contiennent des enseignements en adéquation avec la problématique du XXI^e siècle.

Plus généralement, l'apprentissage de la « navigation dans le savoir » ⁽⁹⁾ devra se faire tôt, de manière à ce que les individus sachent mener leur propre enquête et se renseigner, tant sur les questions pratiques liées à leur activité quotidienne que sur les grands projets techniques mondiaux, ainsi que sur les civilisations, les langues et les différents récits mythiques qui ont cours sur la planète.

L'enseignement devra faire une place beaucoup plus importante à la maîtrise des langues et à la connaissance des civilisations. La maîtrise des techniques informatiques (le codage et le *design* de logiciels, notamment) devenues nécessaires à l'exercice de la liberté devra aussi faire partie des enseignements de base.

Compte tenu des mouvements de population prévisibles, il devient impératif de former des citoyens du monde.

Comme les machines calculent d'ores et déjà cent millions de fois plus vite que le cerveau ⁽¹⁰⁾, il ne manquera pas d'opérateurs qui s'en serviront pour propager des illusions, susciter des désirs et tenter de poursuivre et d'amplifier le processus déjà bien entamé de domestication de l'homme par l'homme.

L'adage célèbre « Prenez vos désirs pour des réalités » pourrait être celui des manipulateurs de conscience, dont les excès guident vers l'abîme des peuples hallucinés. Un des rôles de l'enseignement sera d'apprendre à déjouer les pièges de cette hyper-marchandisation.

Il est en effet essentiel que, face à ces tentatives, les individus soient en mesure de préserver leur liberté de jugement et leur indépendance créatrice. Cela suppose d'enseigner très tôt une hygiène de vie portant à la fois sur le corps, l'esprit et l'âme.

Le poids de l'enseignement

Un retour vers le passé permet de mesurer à quel point l'enseignement consolide une civilisation et la définit en même temps. Jusqu'à présent, il a connu des transformations importantes et rapides en réponse à des tensions sociales.

Ainsi, l'instauration, à la fin du XIX^e siècle d'un enseignement laïque, gratuit et obligatoire n'avait pas seulement pour objectif, selon l'expression consacrée, d'apprendre à « lire, écrire et compter ». Il visait aussi et surtout l'intégration sociale. Le siècle avait été secoué (en 1830, en 1848, puis en 1870 avec la Commune de Paris) par des manifestations des classes populaires qui démontraient, même aux esprits les plus rétifs, que la civilisation industrielle exigeait que toute la population sache lire, écrire et compter pour pouvoir s'intégrer dans la production et le commerce.

Sans doute les savoirs ruraux et artisanaux qui imprégnaient la vie rurale depuis l'antiquité constituaient-ils une connaissance empirique suffisante pour assurer la survie

(7) Et son complément, le service civique et militaire.

(8) Voir les articles de Gilles Dowek et d'Alexandre Moatti, dans ce numéro des Annales des Mines.

(9) Voir l'article de Philippe Jamet et Frédérique Vincent dans ce numéro des Annales des Mines.

(10) Voir Le Code de la conscience de Stanislas Dehaene, Éditions Odile Jacob, 2014.

Photo © Suddeutsche Zeitung/RUE DES ARCHIVES



Maria Montessori exposant sa méthode pédagogique, Université de Pérouse, 1951.

« Une stagnation en matière pédagogique s'est installée dans les périodes plus calmes, en particulier au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. En témoigne, par exemple, la lenteur avec laquelle les méthodes de pédagogie active (Freinet, Montessori), dont l'efficacité était pourtant établie, se sont propagées dans le système éducatif. »

face aux famines, aux pestes et aux guerres. Mais l'autonomie que ces savoirs traditionnels apportaient entraînait en contradiction avec le nouveau système technique structuré par l'industrie et le commerce international. Il fallait donc enseigner, à marche forcée.

Inversement, une stagnation s'est installée dans les périodes plus calmes, en particulier au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. En témoigne, par exemple, la lenteur avec laquelle les méthodes de pédagogie active (Freinet, Montessori), dont l'efficacité était pourtant établie, se sont propagées dans le système éducatif.

Dans la période récente, on peut s'interroger sur les effets de la réforme dite du « bac pour tous », dont l'objectif affiché était d'élever le niveau de formation de tous les citoyens, mais qui n'a pas profondément modifié les contenus et les méthodes pédagogiques. En conservant des méthodes adaptées à l'objectif ancien de sélection, elle a abouti à un abaissement du niveau moyen des élèves. Plus grave : le contenu des enseignements n'ayant pas changé, cette réforme a provoqué une perte dans les savoir-faire et la relation à la matière et à l'environnement.

Ce que propose la prospective, ce n'est pas d'oublier le passé. Bien au contraire, il s'agit d'estimer, à la lumière des évolutions passées, les changements intervenus, en ce qui concerne notamment les relations entre la technique et la civilisation.

La machine à vapeur, le travail de l'acier, le ciment, l'énergie de combustion et l'électricité ont structuré la civilisation industrielle des XIX^e et XX^e siècles, dont l'acte déterminant était la production.

Les capacités de calcul et de transmission de l'information sont en train de modeler la société du XXI^e siècle, dont l'acte déterminant sera la cognition. Reste à déterminer comment ⁽¹¹⁾, et à apprendre à orienter cette évolution. Par ailleurs, les destructions infligées à la nature imposeront inévitablement des limites, sans doute conflictuelles, aux activités productrices.

Par conséquent, du fait de l'ampleur et de la rapidité de ce changement de civilisation, il est indispensable, à la fois

(11) Voir *Les enfants de l'ordinateur* de Sherry Turkle, Editions Denoël, 1986.

pour les enseignants, les apprenants et les parents, d'essayer de comprendre la nature des évolutions en cours, leurs causes et, surtout, leurs conséquences.

Apprendre à analyser et à gérer la complexité

Une culture de projets

Les fonctionnements en réseau modifient les processus de décision. Chacun veut être acteur de la conception de son environnement. Des processus de décision collective se mettent en place.

L'enseignement doit apprendre à analyser et à gérer la complexité et, pour ce faire, à travailler en équipe de projet.

Car c'est un fait que la réalité devient de plus en plus complexe et qu'elle change de plus en plus rapidement. Elle est formée de systèmes qui interagissent entre eux en permanence. Elle ne peut donc plus être appréhendée par la simple juxtaposition de connaissances (qui par ailleurs se périment vite) ou de méthodologies liées à des disciplines isolées.

Les approches traditionnelles portées par le système éducatif, qui cloisonnent et séparent, ne conviennent plus : au-delà de la simple interdisciplinarité ou de la pluridisciplinarité, des approches globales et transdisciplinaires, qui décloisonnent et relient les autres disciplines deviennent nécessaires. L'entraînement à la créativité l'est également.

Le design

Au-delà de sa créativité, de sa capacité d'empathie qui lui permet d'adopter le regard de l'autre et de son talent dans la mise en forme des objets, le *design* s'impose progressivement comme un catalyseur dans les équipes de projet, précisément parce qu'il manie des langages non verbaux - dessins, maquettes, scénarios -, qui traversent les disciplines et les cultures.

On le retrouve de plus en plus souvent enseigné dans les écoles d'ingénieurs et de gestion comme une méthodologie de projet.

Il devrait être davantage utilisé dans le primaire et le secondaire comme une méthodologie créative de questionnements et de recherche de solutions contribuant à aider les jeunes à se construire une vision globale, raisonnée et sensible de notre monde. Il est déjà également utilisé dans un nombre croissant de pays pour la conception de systèmes pédagogiques, voire de politiques d'enseignement (avec le *co-design* et le *design* de services).

Le modèle en T

Le développement de la gestion de projet a conduit à une réflexion sur les compétences nécessaires aux membres des équipes et à la définition d'un profil situé entre celui de spécialiste et celui de généraliste : le « profil en T ». Ce modèle a d'abord été défini (ce qui n'est sans doute pas un hasard) pour caractériser les compétences nécessaires aux *designers*, dont le savoir-faire transdisciplinaire doit, pour pouvoir interagir avec les savoir-faire des autres disciplines, en maîtriser les bases.

Le spécialiste excelle dans une compétence donnée. Son haut niveau d'expertise lui permet de conceptualiser et de philosopher sur sa discipline. Mais sa curiosité et sa capacité de dialogue avec les experts d'autres disciplines sont peu développées.

Le généraliste peut, quant à lui, s'adapter rapidement. Il navigue aisément entre les fonctions de l'entreprise. Dans une équipe, sa connaissance transversale et sa capacité d'empathie lui permettent d'entrer dans un dialogue constructif avec les autres membres, mais pas d'aborder les problèmes de manière approfondie.

Le profil en T est une combinaison des deux profils précités. Il implique d'avoir une expertise de base (la barre verticale du T) et une large palette de compétences et de savoir-faire maîtrisés à un niveau basique, qui lui permettent de dialoguer avec ses partenaires naturels (la barre horizontale du T).

À côté des profils de spécialiste et de généraliste, qui doivent subsister, devrait se développer un modèle en T équilibré permettant à chacun de trouver son domaine de compétence, d'identifier et d'acquérir les connaissances et savoir-faire nécessaires pour pouvoir coopérer avec ses partenaires.

Préparer à l'émergence des possibles ⁽¹²⁾

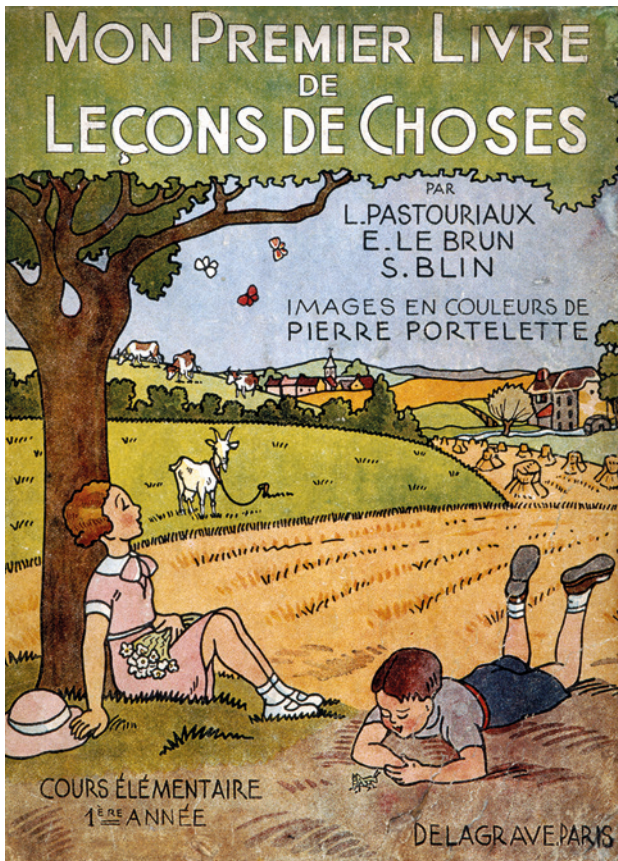
La perspective d'une **grande rupture** ⁽¹³⁾ conduit à superposer aux objectifs antérieurs celui de « préparer à l'émergence des possibles », d'acquérir des compétences permettant de résoudre les problèmes quotidiens (on peut apprendre à cuisiner pour devenir cuisinier, mais aussi pour cuisiner pour soi-même), d'apprendre à devenir un citoyen responsable acteur de la construction d'un monde durable, et pour cela de développer son autonomie, sa créativité, son agilité et la connaissance de soi (connaître sa manière de choisir, de penser, de comprendre...).

C'est dans ce but que l'*Anschauung* (intuition sensible) s'est développée dans l'enseignement primaire au XIX^e siècle en Allemagne. Il s'agissait *déjà* de « substituer l'observation des choses à l'étude des mots, le jugement à la mémoire, l'esprit à la lettre, la spontanéité à la passivité intellectuelle ». Cette approche est aussi celle de la « leçon de choses » française et de l'« *Object Lesson* » dans le monde anglo-saxon.

Le fonctionnement intellectuel n'est pas seul en cause : c'est l'ensemble des relations qui est à repenser et à développer - dès avant l'adolescence, au moment où se construit le paysage mental et affectif de l'individu, et tout au long de la vie. Il s'agit, tout d'abord, des relations avec la matière, de l'intelligence de la main et du corps cohérentes avec le retour des métiers artisanaux et le développement des sports et des arts. Il s'agit, ensuite, de nos relations avec les autres êtres vivants : l'empathie avec les animaux, la perception des fonctionnements biologiques et leur maîtrise.

(12) Discours de François Mitterrand aux intellectuels réunis à la Sorbonne en 1983.

(13) La grande rupture ? L'humanité face à son futur technologique, par Alain Dupas et Gérard Huber, Editions Robert Laffont, 2010.



« Mon premier livre de leçons de choses », couverture du livre publié par les Éditions Delagrave en 1945.

« *L'Anschauung* (intuition sensible) s'est développée dans l'enseignement primaire au XIX^e siècle en Allemagne. Il s'agissait déjà de « substituer l'observation des choses à l'étude des mots, le jugement à la mémoire, l'esprit à la lettre, la spontanéité à la passivité intellectuelle ». Cette approche est aussi celle de la « leçon de choses » française et de l'« *Object Lesson* » dans le monde anglo-saxon. »

Les nouveaux apprenants : la génération Z, une génération de « mutants » ?

Le *Winter/Spring 2015 Cassandra Report* présente la génération Z (les personnes nées entre 1998 et 2008). D'après cette enquête, la génération Z préfère :

- créer plutôt que copier (50 % des jeunes Américains de cette génération acquièrent des connaissances comme le *design*, la vidéo...);
- agir plutôt que regarder;
- les influenceurs aux célébrités.

Conséquence : cette génération a déjà perçu et amorcé la grande rupture. Elle est dans l'attente d'enseignements donnant plus de place à la créativité, à l'expérience et aux projets.

En résumé, la prospective incite à renoncer impérativement aux attachements anciens pour mieux préparer la grande

et inévitable mutation systémique. Car cette mutation sera aussi modelée par les systèmes éducatifs et les pratiques pédagogiques. Ce que l'on peut anticiper du XXI^e siècle exigera donc une transformation radicale et profonde.

Comment faire ?

Dès lors, une question vient inévitablement à l'esprit : comment faire pour qu'une transformation d'une telle ampleur ait lieu dans les délais souhaitables, c'est-à-dire dans les années 2020 ?

En France, pays de tradition centralisatrice, les acteurs et les citoyens seraient tentés de répondre qu'il suffit de voter quelques lois structurant les contenus et de prendre les décrets d'application correspondants pour que le « mammoth » évolue.

Mais ce serait là méconnaître l'analyse de système. Il n'est pas possible pour un gouvernement, fût-il autoritaire, d'aller contre le conservatisme de ses troupes, surtout lorsque celles-ci dépassent un million d'agents dont le penchant naturel est un « lotissement » corporatiste du savoir en territoires abstraits.

La démarche efficace consiste au contraire à briser la centralisation et ce « lotissement » en confiant, comme c'est déjà le cas partiellement en Allemagne, la gestion des enseignements aux régions et la **définition des programmes aux enseignants eux-mêmes**, comme cela se fait, par exemple, en Finlande.

À l'époque de l'information globale, qui est le mieux placé pour apprécier les enjeux et les possibilités des apprenants dans la nouvelle civilisation ? C'est à l'évidence le jeune enseignant au contact des élèves et de la sociologie locale ; or, il est la périphérie et non le centre du système.

Une fois libérés de leur tutelle ⁽¹⁴⁾, les décideurs locaux, ayant accès grâce à Internet à tout ce qui se fait dans le monde, se compareront les uns aux autres et progresseront par émulation. Les acteurs ayant tous les moyens de s'informer, il n'y a pas à craindre de déviations délirantes.

L'enseignement secondaire centralisé français a décliné, selon le classement Pisa (*Program for International Student Assessment*) de l'OCDE. En même temps, nos universités ⁽¹⁵⁾, depuis la mise en œuvre de leur autonomie, sont devenues bien plus performantes.

Cette simple comparaison montre clairement que, dans les périodes de grande transformation telle celle qui s'annonce, les structures décentralisées s'adaptent mieux et plus vite que les structures centralisées ⁽¹⁶⁾. Il est donc urgent de décentraliser la gestion de l'éducation, y compris le choix des contenus et des méthodes.

(14) *La tutelle intellectuelle des inspecteurs généraux de l'Éducation nationale auteurs de manuels scolaires et les rituels d'examens de passage n'ont plus de sens maintenant que tout est en ligne, y compris les MOOCs et les tests d'aptitude. D'où, aussi, la pratique émergente des enseignements inversés.*

(15) Voir, dans ce numéro des *Annales des Mines*, l'article de Dimitrios Noukakis, Gérard Escher et Patrick Aebischer sur le développement des MOOCs pour l'Afrique.

(16) Cette observation a déjà été faite par Machiavel, puis par Tocqueville.

Deux cents ans de métallurgie à l'École des Mines de Saint-Étienne

Par Michel DARRIEULAT

Ingénieur général des Mines honoraire

Il y a de cela deux cents ans que l'École des Mineurs, devenue par la suite l'École des Mines, a été créée à Saint-Étienne. La métallurgie y fut tout de suite à l'honneur, en raison sans doute de la tradition armurière et charbonnière de la ville.

Cet article retracera l'évolution du travail des métallurgistes de l'École depuis sa fondation.

Au début, il s'agissait de prendre l'initiative industrielle et d'imiter ce qui se faisait déjà en Angleterre : fabriquer de l'acier au creuset, du fer puddlé.

Puis vint le temps où les professeurs de l'École intervenaient en tant qu'experts auprès des entreprises, diffusant des savoir-faire largement empiriques.

À l'aube de la métallurgie scientifique, il fallut créer de toutes pièces des appareils de mesure.

Ensuite, ce fut la course à la pureté et à l'amélioration des performances des alliages...

Aujourd'hui, la créativité en matière de matériaux est la qualité la plus appréciée chez les chercheurs. Pour les pièces métalliques, les exigences d'allègement, de sécurité et les conditions extrêmes de fonctionnement sont autant de défis que les métallurgistes doivent relever. La fabrication additive permet de créer des pièces aux formes inédites. Et aujourd'hui, ce sont les propriétés psycho-sensorielles des matériaux qui sont prises en considération. Les chercheurs stéphanois s'emploient à faire preuve de toujours plus de créativité et d'originalité, dans une communauté scientifique élargie aux dimensions de la planète.

L'École des Mines de Saint-Étienne célèbre son bicentenaire

C'est en effet une ordonnance de Louis XVIII, en date du 2 août 1816, qui créa l'« École de Mineurs ». Les rédacteurs du texte fondateur pensaient surtout à former la maîtrise que nécessitaient les travaux souterrains. Mais l'École attira rapidement des vocations scientifiques - il y avait peu de formations adéquates à l'époque. Sous l'impulsion de son premier directeur, Louis-Antoine Beaunier, elle fournit bientôt des ingénieurs et des chefs d'entreprise pour la mine, le travail des métaux, la chimie... Benoît Fourneyron, qui faisait partie de la première promotion, inventa la turbine hydraulique. Jean-Baptiste Boussingault, pionnier des engrais artificiels et aussi métallurgiste, fut élève de la seconde.

À l'occasion de son bicentenaire, l'École ouvre ses archives. Ses permanents y découvrent, non sans émotion, ce qui constituait le quotidien de leurs aînés, les relations qu'ils nouaient avec les autres scientifiques et les industriels, la permanence de la mission de l'institution à travers les mutations techniques et l'histoire, mouvementée, de notre pays. Si l'intérêt pour les souvenirs de la mine est difficile à aviver, faute de spécialistes sur place, ceux de la métallurgie évoquent bien des résonances parmi les permanents qui s'y adonnent aujourd'hui. Au moment où la fabrication additive ouvre une nouvelle page dans l'utilisation des alliages métalliques, comment ne seraient-ils pas attentifs au chemin parcouru dans leur discipline depuis deux siècles ? À travers l'évocation de quelques figures marquantes de l'École, c'est une relecture de la pratique de la recherche en métallurgie qui est proposée dans cet article.



L'École est installée depuis 1927 dans un bâtiment néoclassique qui a remplacé le château de Chantegrillet, une belle demeure qui, malheureusement, se fissurait sous l'effet de l'extraction minière.

Empirique à ses débuts (elle est quand même gratifiée de cinq mille ans d'existence), la métallurgie est devenue une science à la fin du XIX^e siècle. Aujourd'hui, elle est présentée volontiers comme une composante de la science des matériaux, domaine d'intense créativité où la tendance est de faire du « sur-mesure », en réponse à des besoins éminemment diversifiés. Voici quelques épisodes révélateurs de cette évolution ⁽¹⁾.

Au début, il s'agissait d'imiter l'Angleterre...

En 1816, la France sortait de vingt-cinq années de troubles. Le blocus continental avait tenu notre pays à l'écart des progrès décisifs réalisés en Grande-Bretagne à la fin du XVIII^e siècle. Cette situation n'avait pas échappé aux meilleurs esprits. Jean-Antoine Chaptal (1856-1832), qui fut ministre de Napoléon, incita une famille de sidérurgistes anglais, les Jackson, à s'installer non loin de Saint-Étienne, à Trablaine, aujourd'hui sur la commune du Chambon-Feugerolles. Les Jackson possédaient le savoir-faire, mais leur entreprise ne résista pas à des dissensions entre associés, et elle fit faillite peu après.

Initialement, il n'était pas prévu que l'École des Mineurs fût aussi une école de métallurgistes. Mais Louis-Antoine Beaunier (1779-1835), qui venait de la fonder, était un entrepreneur dans l'âme travaillant sur des projets commerciaux dans les moments de liberté que lui laissait le service de l'État. Il s'associa à un financier pour créer, en

1819, les Aciéries de la Bérardière, au bord du Furan (une rivière qui traverse Saint-Étienne), car il fallait un cours d'eau pour actionner les soufflets de forge.

Cette usine fonctionna jusqu'en 1962, fabriquant du « bel acier ». Celui-ci était fondu au creuset : environ 25 kg étaient portés à l'état liquide dans des creusets en céramique, réutilisables - alors qu'en ce temps-là, les bas fourneaux produisaient une fonte que l'on avait du mal à affiner. Les aciéries de la Bérardière acquirent rapidement une réputation enviable dans la fabrication des ressorts de diligence, des aiguilles de fusil et de pièces d'horlogerie : la Médaille d'or de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale les récompensa.

Cette initiative de Louis-Antoine Beaunier eut des retombées tout à fait positives. Après seize mois passés à observer la sidérurgie anglaise, Louis-Georges de Gallois fut nommé en 1818 professeur à l'École des Mineurs de Saint-Étienne. Il eut une intense activité auprès des industriels locaux. En qualité de directeur de la Compagnie des mines de fer de Saint-Étienne, il supervisa la construction des hauts fourneaux de Terrenoire, dans la proche ban-

1) Cet article utilise les recherches d'un historien formé par l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne, Rémi Revillon. Il a bénéficié des remarques de nombreux agents (en activité ou en retraite) du centre « Sciences des matériaux et des structures », parmi lesquels le Professeur Jean Le Coze.

lieue de la cité, mais le gisement métallique stéphanois, un carbonate pauvre en fer, lui causa bien des déboires.

L'œuvre la plus marquante de Louis-Antoine Beauvier ouvrit, quant à elle, un débouché à la sidérurgie. En effet, il obtint, en 1823, la concession de la première ligne de chemin de fer d'Europe continentale. Longue de 21 km, celle-ci reliait les puits de mine de Saint-Étienne à la localité d'Andrézieux, sur la Loire, où le charbon était chargé sur des barges à fond plat. Les premiers wagonnets tirés par des chevaux commencèrent à rouler en août 1827. Faute de laminoirs pour les fabriquer, les rails (en fonte et bombés dans leur partie inférieure !) ne mesuraient que 1,14 m. Mais industrie extractive et travail des métaux étaient désormais associés dans la culture de l'École : ils allaient constituer le principal débouché professionnel pour ses élèves jusque dans les années 1950.

..., puis vint le temps de diffuser les connaissances...

En 1835, Emmanuel-Louis Grüner, un professeur de chimie et de métallurgie, fut nommé à l'École des Mineurs. Il y effectua une longue partie de sa carrière, puis il la dirigea pendant six ans, avant d'être appelé à Paris. Géologue, il donna son nom à un silicate ferrifère, la grunerite. Métallurgiste, il vécut à l'époque où les alliages de fer devinrent peu à peu l'acier que nous connaissons aujourd'hui, et il contribua à de nombreux progrès technologiques. Il travailla, par exemple, sur la fabrication du coke, comme en témoigne le mémoire qu'il publia en 1864 dans les *Annales des Mines* (6^{ème} série, tome VI).

Un premier pas vers la production industrielle de masse venait d'être franchi en France, avec l'implantation du fer puddlé (un procédé technique connu en Angleterre depuis la fin du XVIII^e siècle). Dans ce procédé, un ouvrier, à l'aide d'une longue barre appelée ringard, travaillait une loupe de métal en fusion. C'était un métier éprouvant, qui produisait un alliage aciéreux chargé de carbone et d'impuretés. Emmanuel-Louis Grüner préconisa l'emploi de fontes manganésifères pour pouvoir pousser plus loin l'affinage. Il calcula des bilans thermiques pour les hauts fourneaux et détermina certains principes pour leur dimensionnement.

Quand, en 1856, Henry Bessemer exposa l'idée d'insuffler, grâce à une cornue, de l'air chaud dans de la fonte en fusion afin de l'affiner, beaucoup comprirent que l'industrie sidérurgique allait changer de dimension.

L'affinage, si lent jusqu'alors, devenait l'affaire d'une demi-heure. Mais sous leur forme initiale, les cornues recouvertes intérieurement de silice ne convenaient pas pour affiner les fontes phosphoreuses obtenues à partir de minette lorraine, qui constituait pourtant le principal gisement français. À la place de la silice, Emmanuel-Louis Grüner préconisa l'emploi de la dolomie pour revêtir les convertisseurs, car elle résiste à la chaux nécessaire pour éliminer le phosphore présent dans la fonte, sous la forme de phosphate tricalcique. Il ne fut pas immédiatement écouté, et c'est en Angleterre que, trois ans plus tard (1878), Thomas et Gilchrist mirent à profit son idée (après

quoi la postérité a attaché leur nom à cette découverte capitale).

Au temps d'Emmanuel-Louis Grüner, les « corps savants » (expression utilisée à l'époque) étaient sollicités par l'industrie non pas pour prendre en main la production comme à l'époque précédente, mais pour leur expertise. Les professeurs collectaient les savoirs, encore largement empiriques et peu protégés par des brevets, puis ils les transmettaient à des élèves qui multipliaient les réalisations à travers le monde. Alexandre Pourcel (de la promotion 1863) commença sa carrière aux aciéries de Terrenoire, où il mit au point les ferromanganèses à bas carbone indispensables à la production des tôles servant à la fabrication des chaudières des locomotives à vapeur. Il fit ensuite une brillante carrière internationale, installant des usines jusqu'au Chili.

Dans ce contexte, l'esprit encyclopédique d'Emmanuel-Louis Grüner donnait sa pleine mesure. Il récapitula son savoir dans un traité de métallurgie, dont les deux volumes parurent en 1875 et en 1878. Pour développer l'émulation entre industriels et favoriser la diffusion des innovations, il créa en 1855, à Saint-Étienne, la Société de l'industrie minérale. Le bulletin de cette société savante, qui traitait de considérations minières comme de métallurgie, fut publié jusqu'en 1921. Puis la Société concentra son activité sur l'industrie extractive et son bulletin devint le mensuel *Mines et Carrières* que nous connaissons aujourd'hui.

... ensuite, l'instrumentation scientifique transforma la métallurgie

À partir du moment où l'on sut traiter les minerais phosphoreux, la Lorraine prit l'avantage sur les autres bassins sidérurgiques français en raison des grandes quantités de fer et de charbon qui s'y trouvaient à proximité. Il en résulta une grave crise de la sidérurgie stéphanoise, qui connut son pic à la fin des années 1880. Comme elle ne pouvait lutter sur les produits de fort tonnage en acier ordinaire, elle s'orienta vers les aciers spéciaux bénéficiant d'un important soutien du ministère de la Guerre.

Parmi les élèves de la promotion 1907, le major Pierre Chevenard fut recruté par son ancien, Henry Fayol, un des pères du management moderne, pour exercer au sein du service métallurgique des aciéries d'Imphy (Nièvre). Il partagea sa carrière entre Imphy et l'École, devenue École des Mines de Saint-Étienne en 1882 (et donc une école d'ingénieurs de plein droit). Il y fut nommé professeur, en 1919. Entretemps, il avait développé l'ATG (alliage pour turbines à vapeur), un matériau à base de nickel qui résistait bien à la corrosion par la vapeur d'eau et qui rendit des services signalés à la marine de guerre française. Alors qu'il n'y avait pas eu de rentrée en octobre 1914, tous les élèves étant au front, les réalisations de Pierre Chevenard et de plusieurs autres métallurgistes français incitèrent le gouvernement à ré-ouvrir l'École en 1917 : c'était alors la course aux meilleurs alliages pour mener cette guerre où furent tirés tant de coups de canon.

L'époque de l'empirisme était terminée. Les ajouts au métal de base et les traitements thermiques pouvant va-

rier à l'infini, il fallait savoir anticiper l'effet des différents facteurs pour donner aux alliages les propriétés recherchées. Des diverses inventions de Pierre Chevenard, la plus connue est le dilatomètre différentiel enregistreur : les transformations de phase que l'acier subit lors de son refroidissement induisent des changements de pente dans sa courbe de rétractation. S'il les connaît avec précision, le métallurgiste peut, en agissant sur la température et sur les temps de maintien à une température donnée, faire varier cette architecture intérieure des alliages que l'on nomme la microstructure et qui en détermine largement les qualités physico-chimiques, et donc l'usage que l'on peut en faire.

Le dilatomètre de Pierre Chevenard permet d'établir avec précision des diagrammes « temps-température-transformation » et des courbes de refroidissement continu. Il rendit des services jusque vers 1990. Il était pourtant de belle taille ! En ces temps où la microélectronique n'existait pas, il fallait recourir à des jeux de miroirs pour enregistrer les dilatations comparées de l'échantillon à étudier et celles de l'échantillon témoin. Pierre Chevenard construisait les instruments adéquats dans un atelier du centre-ville de Saint-Étienne, puis procédait à ses expérimentations à l'École.

On lui doit beaucoup d'autres inventions : l'oscillomètre de torsion (qui permit notamment la mise au point de l'Elinvar utilisé dans les chronomètres), le thermo-magnétomètre (grâce auquel fut déterminé le point de Curie de nombreux alliages), ainsi que des thermo-balances. Pierre Chevenard, qui fut reçu à l'Académie des Sciences en 1946, est de plus salué comme le promoteur de la métallurgie de précision.



Photo © DR

Le laboratoire où travaillait Pierre Chevenard.

L'âge d'or des métaux purs

Avec la fin de la Seconde guerre mondiale, la sidérurgie française se dota du grand instrument d'assistance technique dont elle rêvait depuis longtemps. Le bassin stéphanois était candidat pour l'accueillir, mais c'est à Saint-Germain-en-Laye que l'IRSID (Institut de recherche de la sidérurgie) installa l'essentiel de ses forces. Autour de Saint-Étienne, les entreprises appartenant à des maîtres de forges indépendants furent pour partie regroupées au

sein de la Compagnie des forges et ateliers de la Loire, qui connut de beaux succès industriels de 1954 à 1970. Puis vint le temps de Creusot-Loire, durant lequel la sidérurgie stéphanoise vit son sort lié à la mécanique lourde... jusqu'à la faillite de cette entreprise, en 1984.

Les ingénieurs ressentaient le besoin de se parler, même si leurs entreprises étaient dispersées et concurrentes. C'est pourquoi le Cercle d'études des métaux avait été créé au milieu des années 1930. L'École des Mines l'abrite depuis 1965. Cette institution qui vient de fêter ses quatre-vingts ans est un espace de discussions techniques entre métallurgistes des laboratoires et des usines. Elle est animée principalement par un ingénieur civil des Mines ayant fait toute sa carrière dans la recherche industrielle, M. Robert Lévêque. Elle organise des colloques, dispense de la formation professionnelle et propose du conseil.

Puisque la profession était désormais dotée d'un centre technique, le rôle des laboratoires universitaires s'orientait dès lors vers des recherches en amont de l'application industrielle. La création du Conseil national de la recherche scientifique (CNRS) contribua à cette évolution. Les moyens mis à la disposition de l'enseignement supérieur augmentaient. Claude Goux, qui arriva à Saint-Étienne en 1954, put s'entourer de collaborateurs. Il s'était formé au Centre d'études de chimie métallurgique de Vitry-sur-Seine auprès du Professeur Georges Chaudron. L'acier ordinaire était encore largement produit au moyen de convertisseurs Bessemer. Des quantités excessives de soufre, de phosphore et d'autres impuretés, ainsi que les altérations dans la microstructure provoquées par le soudage, causaient des accidents spectaculaires : les *Liberty Ships* qui ravitaillaient les forces alliées durant le deuxième conflit mondial en souffrirent. Georges Chaudron préconisa d'élaborer des métaux purs et d'étudier systématiquement les effets des atomes métalliques étrangers qui y étaient introduits en quantités contrôlées.

C'est ainsi que fonctionna à Saint-Étienne un laboratoire produisant du fer, du chrome et du nickel purs obtenus par voie chimique. Aujourd'hui, les installations servent à élaborer des alliages « modèles » en des quantités de l'ordre du kilogramme, alors que bien des laboratoires n'en produisent que quelques grammes à la fois. Les résultats des études ne sont pas influencés par les oligoéléments si nombreux dans les nuances d'alliages industriels. Un développement est en cours sur les alliages à haute entropie qui contiennent en proportions semblables divers métaux (fer, chrome, cobalt, nickel, manganèse...) et qui sont très prometteurs du point de vue de leur résistance élastique.

L'École se dota aussi d'un atelier de cristallogénèse produisant des monocristaux d'aluminium, de cuivre, de nickel, d'acier inoxydable austénitique... de taille centimétrique. Ces microcristaux constituent des instruments de choix pour élucider les mécanismes de la déformation plastique. C'est ainsi que furent mises en lumière les rotations qu'elle provoque dans leur réseau cristallin. Furent aussi fabriqués des bi-cristaux (voire des tri-cristaux) sur lesquels étaient étudiés les effets aux joints de grains d'accumulations de dislocations et de ségrégations. Ils

permirent notamment d'investiguer l'effet des métaux liquides (bismuth, gallium) sur un support métallique, le cuivre par exemple.



Photo © DR

Monocrystal d'inconel, bicristal d'aluminium, bicristal de fer-aluminium.

À l'heure des *Materials by design*

À l'automne 1994, l'IRSID acheva de regrouper ses activités en Lorraine et le directeur de sa branche d'Unieux, Régis Blondeau, fut appelé à l'École des Mines. Il y organisa les équipes qui s'occupaient de métallurgie, de mécanique, de céramiques et de composites à travers la création d'un Centre Sciences des matériaux et des structures (SMS, un acronyme choisi avant que ne se répande le *Short Message Service*...). Depuis plus de vingt ans, c'est dans ce cadre que se développent la recherche et l'enseignement. Il est actuellement dirigé par M. Krzysztof Wolski.

L'environnement du métier de chercheur en métallurgie a bien changé depuis l'époque de Pierre Chevenard et Claude Goux. Les laboratoires matériaux se sont multipliés dans le monde, notamment en Asie. Les ordinateurs sont partout : ils servent à la modélisation, à l'acquisition de données jadis restituées à coups de crayon tracés sur du papier millimétré. La résolution des appareils scientifiques augmente à chacune de leurs nouvelles versions, mais... attention à leur coût : le million d'euros est vite atteint ! C'est à qui aura fait le bon choix donnant accès à des résultats originaux. Le centre SMS fut ainsi le pionnier

en France de la technique de l'*Electron Back-Scattering Diffraction* aujourd'hui présente dans tous les laboratoires métallurgiques : cette technique d'analyse permet de collecter d'importants volumes de données sur la rotation des réseaux cristallins.

Les laboratoires sont aujourd'hui bien équipés pour créer et tester de nouveaux matériaux. La métallurgie des poudres produit des alliages ou des composés métal-céramique impossibles à réaliser par solidification à partir d'un métal en fusion. Le rôle des surfaces est chaque jour mis de plus en plus en valeur, par exemple dans les nanotechnologies où les volumes jouent un rôle comparativement moindre. Aussi, ce sont les besoins de la société qui guident l'orientation des recherches. Ils soufflent notamment dans le sens d'une production d'énergie plus sûre, de véhicules plus légers, de matériaux dans lesquels l'utilisateur se sente bien. Prenons quelques exemples.

Le cœur d'un réacteur nucléaire est contenu dans une cuve en acier qui, dans la filière PWR, doit résister des dizaines d'années à la chaleur (325°C) et à des cycles thermiques de maintenance, à l'irradiation neutronique, à la pression (155 bars), aux vibrations, à une eau désoxygénée... L'acier inoxydable est bien sûr tout indiqué. Mais que d'études, que de choix faits entre les différentes nuances d'alliage ! Les chercheurs du SMS ont acquis une très bonne réputation en matière de vieillissement thermique, de corrosion sous contrainte et de décohésion intergranulaire. Toutes ces améliorations évitent des microfissurations qui passeraient inaperçues dans l'usage courant, mais qui sont inacceptables pour des réacteurs thermonucléaires !

Pour consommer moins de carburant, la voiture du XXI^e siècle aurait dû être plus légère que ses ancêtres... Il n'en est rien puisque son poids a augmenté (passant en moyenne de 900 à 1 300 kg) depuis 1980. C'est que l'utilisateur demande toujours plus d'équipements de sécurité, plus d'espace, plus de confort... C'est donc sur les matériaux que l'on compte pour réduire le poids des véhicules, tout en améliorant la solidité et la sécurité de l'habitacle en cas d'accident. D'où l'emploi d'aciers à haute, à très haute et même à ultra-haute limite d'élasticité. Mais attention, en cas de corrosion, ils sont sensibles à l'hydrogène. D'où de délicates manipulations, l'hydrogène étant la plus difficile à cerner des substances se trouvant dans un laboratoire.

Mais ce n'est pas tout de proposer les matériaux performants qui résistent aux sollicitations mécaniques comme aux effets de l'environnement, encore faut-il qu'ils plaisent à l'utilisateur final ! Sans en être bien conscients, nous attendons de la poignée du levier de vitesse de notre voiture qu'elle ait un contact froid (celui de la rigueur mécanique) et que le tableau de bord nous renvoie, au contraire, à la sensation d'un chaud confort intérieur. D'où l'émergence d'un nouveau champ d'investigation sur les propriétés sensorielles des matériaux. Les disciplines mises à contribution ne sont plus seulement la chimie et la mécanique, il y a aussi l'optique qui analyse scientifiquement les couleurs, et des panels d'utilisateurs qui donnent leur ressenti. S'ils pratiquent un peu fréquemment, ils acquièrent une

grande fiabilité : l'homme est en effet un capteur des plus sensibles et des plus efficaces.

L'irruption de la fabrication additive dans le paysage industriel n'a pas non plus pris Saint-Étienne au dépourvu. Dans l'agglomération stéphanoise, la recherche dans ce vaste domaine se spécialise dans le procédé de fusion laser SLM (*Selective Laser Melting*), notamment pour le titane, un métal sur lequel l'École des Mines possède une expertise. L'École espère prendre toute sa place dans les traitements thermiques à faire subir aux pièces qui viennent d'être fabriquées en recourant à ce nouveau procédé. Car une chose est de réaliser des formes que l'usinage classique ne permettrait pas de produire, une autre est de leur donner le degré de qualité métallurgique que l'on sait garantir aux pièces massives.

Dans le cadre de l'Alliance pour l'industrie du futur, qui vise à aider l'industrie française à bien négocier le tournant du numérique, un démonstrateur est en projet dans une ancienne usine toute proche de l'École devenue aujourd'hui un campus industriel. Cette « manufacture 4.0 » est conçue de façon à ce que les entreprises puissent directement s'initier *in situ* aux nouvelles techniques à partir de composants modulables (en anglais, *Prod & Plug*) : Louis-Antoine Beaunier pouvait-il rêver mieux pour l'École qu'il a fondée ?

Bref retour sur le passé

Les documents extraits des archives à l'occasion de la célébration du bicentenaire de l'École aident à percevoir comment a évolué le métier de métallurgiste à l'École des Mineurs. En 1816, Saint-Étienne était le premier bassin manufacturier français. L'effet de territoire y jouait à plein. Il était possible d'être à la fois homme de science, ingénieur, entrepreneur, en sortant de... chez soi : qui ne

rêverait aujourd'hui d'une liaison aussi immédiate entre la recherche et l'industrie ?

Puis il fallut diffuser le savoir (sans disposer d'Internet). La masse des connaissances disponibles était limitée, elle était à la mesure d'une carrière d'érudit. C'était l'époque des ouvrages de synthèse patiemment écrits, qui restaient valables longtemps. Avec la revue de la Société de l'industrie minérale, l'École eut toute latitude pour faire connaître ses travaux. Quel chercheur, aujourd'hui, n'a pas expérimenté les difficultés qu'il y a à publier dans des revues internationales sollicitées par des contributions en provenance de toute la planète ?

L'époque où il fallait créer sa propre instrumentation scientifique était certes éprouvante, compte tenu des nombreux pièges techniques à éviter, mais elle était aussi passionnante pour ceux qui combinaient imagination et goût de réaliser des objets utiles et beaux.

Le sens de l'observation y était à l'honneur : « Regardez d'abord avec vos yeux, puis avec le microscope », aimait à répéter un professeur.

Puis vint l'époque où les analyses systématiques, la précision des mesures, le respect des modes opératoires devinrent la norme.

Aujourd'hui, c'est plutôt le flair dans le choix des études techniques à mener qui fait un bon chercheur. La Commission européenne estime que 70 % des inventions qui vont marquer la première moitié du XXI^e siècle seront basées sur l'emploi de matériaux nouveaux : il reste à anticiper lesquels...

Tout cela a été vécu dans une même institution stéphanoise, celle qui ouvrit ses portes à une première promotion d'élèves il y a de cela deux siècles, et qui accueillera leurs successeurs à la rentrée 2016.

Educating for the unknown

Foreword

Pierre Couveinhes

Introduction

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

Forward-looking education

Understanding and managing the educational transition

Philippe Jamet and Frédérique Vincent, Institut Mines Télécom

Economic and social trends have placed the word “disruption” on everyone’s lips. The digital invasion has disrupted traditional paradigms for running firms and creating value. Meanwhile, demands for sustainable development are calling in question ideas about progress and well-being. Societies are facing issues related to globalization and multiculturalism. Till now, these trends have had an apparently limited impact on higher education, despite innovations in distance learning, of which massive open online course (MOOCs) are the most recent example. Classrooms in universities and schools are far from empty, and the pressure of competition, exacerbated by international classifications, has not much affected the universities with a solid traditional clientele. Although higher education as we know it now seems to be enjoying a spell of fair weather, this impression might be mistaken. Major changes, already perceptible, might crop up. A gap risks opening between, on the one hand, the organization of institutions of higher education and, on the other, pressures from the marketplace that will affect the supply and demand sides of higher education and, too, the business models of these institutions. To cope with potential threats, higher education must regenerate itself by changing paradigms and making educational innovations.

Education: Group dynamics for manufacturing

Isabelle Martin, secretary of the CFDT in charge of industrial policies and research

Current economic, technological and societal changes entail a thoroughgoing transformation of work as jobs are being not only destroyed but also created. According to studies carried out by the National Council of Industry, the primary issue is not the system of education and training but the lack of a shared, strategic vision of the jobs, skills, qualifications, know-how and recruitment for industry in the coming years. It is important for all participating parties (public authorities, industrialists, wage-earners and their representatives) in ad hoc organizations of cooperation (Conseil National de l’Industrie, Alliance Industrie du Futur, etc.) to place national education and ongoing training at the center of a national ambition for “reconquering

industry” and identifying the levers of a policy for reviving manufacturing in the country. This policy must meet up to the issues: the priorities of strategic committees in branches of industry, a future plan for manufacturing, industrial solutions for creating a “new industrial France”, a digital strategy, and so forth. Foresight and strategic cooperation must improve industry’s long-term competitiveness, stimulate growth and employment, and provide for careers with successful periods of transition.

STEM jobs and the development of industry

Christian Margaria and Bruno Verlon, Conseil général de l’Économie

Sciences, technology and engineering play a key role in keeping developed countries competitive. Do the skills acquired by graduates match firms’ expectations? Does the number of graduates with a given level of qualifications match the recruitment needs in given branches of industry? These questions are crucial. As all statistics suggest, there is no short-term risk of a shortage of technicians and engineers in France; but recruitment problems are arising in certain branches. In the middle or long term however, the country runs a high risk of having at its disposal but a tiny fraction of the worldwide pool of talent. Information does not circulate adequately between companies and young people. Contacts between the system of education and industry must be widely developed so that the latter will, once again, make young people dream.

Educating for the future: The Erasmus+ program

Helena Tegovska, Education and Culture, European Commission

The actions proposed by the EU program Erasmus+ directly affect European society as well as institutions of higher education, students and firms. In pursuit of the priorities defined in the strategy for modernizing European systems of higher education, Erasmus+ is helping institutions of higher education draw up educational programs in response to tomorrow’s societal and economic needs. By participating in programs of cooperation with firms or international partners, European universities are modernizing, broadening their offer, adapting to new needs in society, and thus proposing educational programs that are attractive to both students and employers. Erasmus+ affects thousands of students enrolled in courses of higher education outside their home country: they can thus improve foreign language skills, develop an intercultural awareness, and acquire the skills sought by more than 90% of firms – for instance, rapid adaptability to changes and new situations, problem-solving, team work, critical thinking and the ability to communicate effectively.

Science vs humanities: Changing paradigms and perceptions

Alexandre Moatti, chief engineer from École des Mines and associate researcher at SPHERE (UMR 7219), Université Paris-Diderot

Selection procedures based on science – the backbone of the French educational system since Jules Ferry – need to be overhauled. This is especially true for the persons who have been have received this sort of higher education at elite institutions. Given that nearly 80% of secondary school students now obtain a diploma, the major issue is no longer selection, which, in particular when based on science, leaves too many students stranded. It is (and this is now well known) the formation of a common core of knowledge, to which history and general culture are essential. In secondary and higher education, there is a woeful shortfall in the humanities. Fitted out with a form of scientific methodology, the humanities can cultivate creative thinking in an increasingly complex world of work. Moreover, the common core in general culture serves as the grounds for “living together”. It is necessary to fully change the current paradigm and analyze its origins and consequences.

Looking forward: From anticipating to preparing the future

Pierre Papon, physicist, honorary professor of thermal physics at École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de Paris (ESPCI)

Foresight aims to enlighten the future, by conjecturing about disruptions in various areas, notably with help of scenarios. Regarding science and technology, it envisages possible paradigm changes, identifies promising avenues and makes assumptions about the social and economic impact of scientific and technical progress. This article focuses on methods of foresight in various science and technology areas, it highlights its successes and failures. The prospective approach is a tool to develop strategies and should find a place in the training of engineers, scientists, and more generally, managers.

Effects of the digital revolution on education

On-line education stimulates a new craving for knowledge

Gilles Dowek, researcher at the Institut National de Recherche dédié au Numérique (INRIA) and lecturer at École Normale Supérieure de Cachan

The development of on-line education is part of a vast social trend for sharing knowledge. By breathing new life into ideas related to distance education, computer-assisted education and mutual education, on-line learning is stimulating a revival that affects teaching, educational methods and the time-line of education.

FUN, a MOOC platform in the service of institutions of higher education

Catherine Mongenet, university lecturer

Arriving in France from the United States in 2012, massive open online courses (MOOCs) have, as of 2013, aroused a strong interest in the broader context of the digital transformation of higher education. To support this change, the Ministry of Higher Education and Research drew up, in 2013, a digital strategy with, as one of its actions, the creation of a MOOC platform. Set up in October 2013, this platform for French institutions of higher education and research, dubbed FUN (France Université Numérique), was soon a success both with the institutions that uploaded a growing number of courses and with those who wanted to learn, evidence of this being the number of enrollees. Given this success, the Ministry transferred FUN to the participating institutions, whence the formation of an independent public organization: GIP FUN-MOOC. The project, its origins and evolution are presented along with its prospects for growth...

The MOOC adventure from Lausanne to Yaoundé: Practices and research related to MOOCs in Lausanne and French-speaking Africa

Dimitrios Noukakis, **Gérard Escher** and **Patrick Aebischer**, École Polytechnique Fédérale de Lausanne

The digital revolution is transforming universities – witness, for example, massive open online courses (MOOCs), which, produced by the best universities, are free. An original MOOC program by the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) and its African academic partners has been deployed in Africa. In two years, 54.000 persons residing in Africa have enrolled, of whom 17.000 are very active: two-thirds are young people in school; and a third, adults in ongoing training programs. By improving the acquirement of skills by a larger group of learners, EPFL's MOOC program, conducted with academic partners in Africa, seeks to make up for the shortage of qualified personnel in key areas of the continent's emerging economies.

Teaching and learning differently

Education and the child's cognitive development

Olivier Houdé, professor of psychology at Université Sorbonne Paris Cité, director of LaPsyDÉ, UMR 8240, Centre National de la Recherche Scientifique

At school, children have always learned mainly through repetition, practice and drills. That's fine, but their brains also have to learn a reverse form of reasoning that inhibits automatic, habitual cognitive processes. It would, therefore, be worthwhile to develop an education centered on the prefrontal cortex, the area in the front of the brain with control over inhibition. Here are a few examples of patterns of reasoning drawn from arithmetic, spelling, reading and tasks involving logic and mathematics (dating from Piaget)...

A plea for primary schools and vocational education

Thierry Weil, professor at École des Mines Paris Tech

France spends heavily on education, but the academic level of 15 year-olds is so-so. Many students fail to keep up or lose interest; and companies do not find the qualified persons they want to recruit. French schools are among the least egalitarian in the world, since success mainly depends on the parents' cultural and economic background. This inequality, obvious by middle school, originates in primary schools, the place where actions can be undertaken to thwart it. By emphasizing abstract knowledge, the educational system underrates pupils who could learn if teachers had more consideration for practical intelligence, vocational education and an individualized transmission of what is to be learned.

The crafts enhanced: Conceptions, education and practices of a digital art applied to craft work

Bruno Monpère, director of the Chambre des Métiers of Tarn-et-Garonne Department

Questions about the future of craftsmen, the legacy of know-how, and the models of new vectors of learning and apprenticeship are arising at a time when digital technology is thriving. Various trends are developing at the junction between "knowing" and "doing": makers, neo-crafts, digital arts, design and craftwork... In response to these trends, the group "Artisan Numérique" in the Chambre des Métiers of Tarn-et-Garonne Department has worked out: training programs on craft work and additive manufacturing; a multidisciplinary bachelor's curriculum on design and trades in partnership with the Institute of Applied Arts at the University of Toulouse 2; and a digital listing of "craftsmen's gestures".

Doing in order to invent the future: A concrete utopia?

Rafaële Coste Lartigou, inspector of education in charge of information and orientation, Académie de Versailles, and Emmanuelle Reille-Baudrin, researcher at CRTD-CNAM and director of a training center, Académie de Créteil

The findings of research based on an analysis of activities in a coworking environment and the development of innovative spaces in schools raise questions about "doing": doing work in an occupational environment and doing in order to learn and invent in an educational environment. Focusing on new forms of activities and the changes to come, this article concentrates on action as a powerful means of leverage for the future. Changing paradigms, transforming organizations and inventing educational methods are seen as being collaborative and participatory. Doing in order to invent the future: a concrete utopia? An emerging training course?

How to reinforce relations between schools and firms so as to prepare young people for tomorrow's economy?

Christiane Demontès, director of the Centre d'Information et d'Orientation

Although the future of occupations, jobs and the economy has never been so unpredictable, students still choose an orientation for their education and careers. How to prepare young people for entry into the world of work while endowing them with the skills, qualifications, know-how and know-how-to-be necessary for success? The author's report to the Ministry of National Education in October 2015 has insisted on the need to reinforce relations between schools and firms, and to institutionalize them so as to prepare careers for young generations. By relying on positive experiments and generalizing them, the system of education and the economic world can come to grips with this situation.

Educating for the unknown: Looking forwards

Thierry Gaudin, president of Prospective 2100, and Anne-Marie Boutin, president of APCI

Education's role is not to perpetuate civilization as it exists but to prepare society for the second half of the 21st century. What we foresee are transformations of such a scope that the very foundations of education must be relaid in the perspective of a new "art of living".

Miscellany

Two hundred years of metallurgy at the École des Mines de Saint-Étienne

Michel Darrieulat, general engineer from École des Mines

Two hundred years ago, the École des Mineurs – later the École des Mines – was founded in Saint-Étienne, France with metallurgy as its emblem, owing to the city's traditional production of coal and guns. Changes in metal-working are described since the foundation of this mining engineering school. In the early days, the aim was to stimulate industry and imitate what was being done in England: make pig iron, wrought iron, steel... Then came a period when professors from the school served as experts to companies and diffused empirical know-how. As scientific metallurgy dawned, instruments of measurement had to be made from scratch. There followed the race to purity, to improving the quality of alloys. Nowadays, creativity in materials is the most appreciated quality among researchers. New challenges have arisen from the demand for lighter-weight and safer metallic parts and the extreme conditions for using them. Additive (3-D) manufacturing can be used to create parts with previously unknown forms. What now counts are a material's psycho-sensorial properties. Researchers in Saint-Étienne are trying to be ever more creative and original in a scientific community that now stretches out over the planet.

Issue editor: Marie-Josèphe Carrieu-Costa

Ausbildung für das Unbekannte

Vorwort

Pierre Couveinhes

Einführung

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

Zukunftsvisionen für das Schulwesen

Den Wandel des Ausbildungswesens begreifen und ausführen

Philippe Jamet und Frédérique Vincent, Institut Mines Télécom

In den Kommentaren zu den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen ist zur Zeit das Wort „Disruption“ in aller Munde. Die traditionellen Paradigmen der Unternehmensorganisation und der Wertschöpfung verlieren durch das Vordringen der Digitalisierung an Geltung, während die Grundlagen des Fortschritts und des Wohlstands von den Erfordernissen der nachhaltigen Entwicklung in Frage gestellt werden. Die Gesellschaften wiederum sind mit den Herausforderungen der Globalisierung und der Vielfalt konfrontiert. Das System der Hochschulen schien bis heute von diesen Tendenzen nahezu unberührt zu bleiben : obwohl auf dem Gebiet des Lehrens und Lernens mit Hilfe elektronischer Medien viele Innovationen zu verzeichnen sind, unter denen die MOOCs die jüngste Entwicklung darstellen, sind die Hörsäle der Universitäten und Schulen weiterhin gut besetzt, und der Wettbewerbsdruck, der durch internationale Rankings noch gesteigert wird, hat den universitären Institutionen, die immer noch auf soliden Fundamenten gesellschaftlicher Traditionen gründen, kaum schaden können. Dem Aufbau der universitären Ausbildung, wie wir sie kennen, scheint noch eine schöne Zukunft beschieden zu sein. Aber vielleicht täuscht dieser Eindruck, denn gewisse unübersehbare Entwicklungen könnten aufgrund der günstigen Umstände an Stoßkraft gewinnen. Wir konstatieren heute das Risiko einer zunehmenden Diskrepanz zwischen der Organisation des Hochschulstudiums einerseits und den erstarkenden Markttendenzen andererseits, die nicht nur Druck auf das Angebot und die Nachfrage im Ausbildungswesen, sondern auch auf die hiermit verbundenen Geschäftsmodelle ausüben. Wenn das Hochschulsystem die potenziellen Bedrohungen bewältigen will, muss es sich sowohl durch neue Paradigmen als auch durch pädagogische Innovationen regenerieren.

Die Ausbildung : eine kollektive Dynamik für die Industrie

Isabelle Martin, Generalsekretärin der Gewerkschaft CFDT, verantwortlich für die Bereiche Industriepolitik und Forschung

Die wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftli-

chen Wandlungen, die sich heute vollziehen, führen zu tief greifenden Veränderung der beruflichen Tätigkeiten und haben deshalb sicherlich den Abbau aber auch die Schaffung von Arbeitsplätzen im Gefolge.

Wie aus Studien des *Conseil national de l'Industrie* hervorgeht, ist das, was zur Debatte steht, nicht in erster Linie das allgemeinbildende und weiterführende Schulsystem, sondern das Fehlen einer strategischen und verbindlichen Vision des mittelfristigen Bedarfs der Industrie an Arbeitsplätzen, Kompetenzen, Berufen, Know-how und Rekrutierungen.

Es ist also wichtig, dass in allen ad hoc beratenden Instanzen (*Conseil national de l'Industrie, Alliance Industrie du Futur...*) alle teilnehmenden Parteien (Behörden, Industrie, Arbeitnehmer und ihre Vertreter...) sich mobilisieren, um das französische Bildungswesen ins Zentrum einer nationalen Ambition der industriellen Rückeroberung zu rücken, denn es gilt die Hebelkräfte einer transversalen Politik auszunutzen, die eine neue Blüte der industriellen Kompetenzen in Frankreich herbeiführen könnte und die den Herausforderungen der gegenwärtigen Lage entspreche (Prioritäten der sektoralen strategischen Ausschüsse, Plan für die Industrie der Zukunft, industrielle Lösungen der *Nouvelle France industrielle*, Strategie der Digitalisierung, etc.). Es bedarf einer Politik der Antizipation und der strategischen Teilhabe, die zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sowie zur Entwicklung der Beschäftigungsperspektiven und des Arbeitsmarkts beiträgt, der Chancen für Karrieren und berufliche Übergangsphasen eröffnen kann.

Die MINT-Jobs (MINT- Fächer : Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) und die Entwicklung der Industrie

Christian Margaria und Bruno Verlon, Conseil général de l'Économie

Es liegt auf der Hand, dass die Wissenschaften und Technologien des Ingenieurwesens eine Schlüsselrolle für die Wettbewerbsfähigkeit der entwickelten Länder spielen. Aus diesem Grund erhebt sich die entscheidende Frage, ob die von den Diplomierten erworbenen Kompetenzen den Erwartungen der Unternehmen entsprechen und ob die Zahl von Diplomierten mit einer bestimmten Qualifizierung dem Rekrutierungsbedarf eines gegebenen Tätigkeitsbereichs gemäß ist. In Frankreich besteht kurzfristig, wie alle Statistiken zeigen, insgesamt kein Risiko eines Mangels an Technikern und Ingenieuren. Doch in gewissen Sektoren wird Frankreich mittelfristig mit einem beträchtlichen Nachwuchsmangel und langfristig mit dem Risiko konfrontiert sein, nur über einen sehr kleinen Bruchteil der weltweit vorhandenen Talente zu verfügen.

Überdies ist zu beklagen, dass in der jungen Generation Informationsdefizite über die Welt der Unternehmen bestehen : es ist äußerst wichtig, die Kontakte zwischen dem

Schulsystem und der Welt der Industrie zu verstärken, damit diese wieder zum „träumen“ anregt.

Ausbildung für die Zukunft : die Rolle von Erasmus+

Helena Tegovska, Generaldirektion Erziehung und Kultur, Europäische Kommission

Die verschiedenen Zielsetzungen des europäischen Programms Erasmus+ üben einen direkten Einfluss auf die europäische Gesellschaft, ihre Studenten, ihre Hochschulen und ihre Unternehmen aus.

Auf der Basis der politischen Prioritäten, die in der europäischen Modernisierungsstrategie für das Hochschulwesen festgelegt wurden, unterstützt Erasmus+ die Hochschulen durch die Definition und Entwicklung von Studiengängen, die den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Notwendigkeiten von morgen entsprechen. Durch die Teilnahme an Kooperationsprojekten mit Unternehmen oder internationalen Partnern, modernisieren sich die europäischen Universitäten, indem sie ihr Angebot ausweiten und neue gesellschaftliche Bedürfnisse berücksichtigen, um Hochschulkurse anbieten zu können, die sowohl für die Studenten als auch für die Arbeitgeber attraktiv sind.

Erasmus+ beeinflusst auch das Leben von Tausenden europäischer Studenten, die einen Teil ihrer Studienzeit im Ausland verbringen. Dies erlaubt ihnen nicht nur, ihre Fremdsprachenkompetenzen zu verbessern und ihr interkulturelles Bewusstsein weiter zu entwickeln, sondern auch transversale Kompetenzen zu erwerben, die von mehr als 90 % der Unternehmen verlangt werden, wie zum Beispiel die Fähigkeit, sich Veränderungen und neuen Situationen schnell anzupassen, Probleme zu lösen, im Team zu arbeiten, kritischen Geist zu beweisen und möglichst effizient zu kommunizieren.

Wissenschaft versus Humanismus : ein Modell- und Perzeptionswechsel

Alexandre Moatti, Ingénieur en chef des Mines und assoziiertes Forscher an der Université Paris-Diderot (laboratoire SPHERE UMR 7219)

Die zentrale Bedeutung der Selektion durch die wissenschaftlichen Fächer, das Rückgrad der französischen Schulerziehung, ist ein Schema, das neu zu überdenken ist, insbesondere hinsichtlich der von ihm geprägten Eliten, die aus den *grandes écoles* hervorgehen : angesichts der Tatsache, dass heute 80 % eines Jahrgangs das *baccalauréat* (Abitur) erwerben, ist das Thema nicht mehr das der Selektion – insbesondere durch die naturwissenschaftlichen Fächer –, an der viel zu viele Schüler scheitern. Das Thema, dessen Bedeutung heute klar erkannt wird, ist die Konstituierung eines Sockels gemeinsamer Kenntnisse. Die humanistische Bildung (insbesondere Geschichte und Allgemeinbildung), die im Sekundar- und im Hochschulbereich nur unzureichend vermittelt wird, muss einen wesentlichen Teil dieses Sockels konstituieren. Da die betreffenden Disziplinen zudem auf einer Form von wissenschaftlicher Methodologie beruhen, bieten sie die Voraussetzung dafür, kultiviertere, kreativere Persönlichkeiten für eine immer komplexere Arbeitswelt

heranzubilden. Überdies ist der Sockel von Kenntnissen, die zur Allgemeinbildung gehören, auch derjenige des „Zusammenlebens“. Man muss den gegenwärtigen Paradigmenwechsel konsequent verfolgen, und sowohl die Ursachen und die Folgen analysieren.

Die strategische Frühaufklärung : von der Antizipation zur Vorbereitung der Zukunft

Pierre Papon, Physiker, Honorarprofessor für Thermophysik an der École supérieure de physique et chimie industrielles de Paris (ESPCI)

Die strategische Frühaufklärung hat das Ziel, über die Zukunft nachzudenken, indem sie realistische Szenarios vorschlägt und eventuelle Diskontinuitäten aufspürt. Reflektiert sie über Wissenschaft und Technologie, so stellt sie Vermutungen über mögliche Paradigmenwechsel an, identifiziert zukunftssträchtige Strategien und stellt Hypothesen über die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts auf. In diesem Artikel befassen wir uns mit den Methoden der strategischen Frühaufklärung in den Bereichen der Wissenschaft und der Technik und stellen ihre Erfolge und Fehlschläge heraus. Dieses antizipative Denken dient dazu, Strategien auszuarbeiten : in der Ausbildung der Ingenieure, der Wissenschaftler und, auf breiterer Basis, der Manager sollte es seinen Platz finden.

Einige Auswirkungen der digitalen Revolution im Bildungswesen

Online-Kurse lösen einen neuen Wissensdurst aus

Gilles Dowek, Forscher am Institut INRIA und Lehrkraft an der École normale supérieure de Cachan

Die Entwicklung von Online-Kursen gehört zu einer breiten Bewegung von Bildungsmaßnahmen, die in unseren Gesellschaften erkennbar sind. Indem man dem *distance-learning*, dem Lehren und Lernen mit Hilfe elektronischer Medien, neues Leben einhaucht, können Online-Kurse dank ihrer Methoden und ihrer Zeitlichkeit zur Erneuerung des Bildungswesens beitragen.

FUN, eine Plattform für MOOCs im Dienst der Hochschulausbildung

Catherine Mongenet, Universitätsprofessorin

Die in den USA entwickelten MOOCs (*Massive Online Course*) sind seit 2012 in Europa präsent und stoßen seit 2013 in Frankreich auf ein starkes Interesse. Dieses Interesse erklärt sich aus dem breiteren Kontext der digitalen Transformation des Hochschulwesens. Im Bestreben, diese Entwicklung zu begleiten, hat der französische Minister für Hochschulwesen und Forschung in demselben Jahr seine digitale Strategie definiert, zu deren Programm die Einrichtung einer MOOCs-Plattform für die verschiedenen Hochschulen und Forschungseinrichtungen gehört. Diese Plattform wurde im Oktober 2013 unter der Bezeichnung FUN (France Université Numérique) ihrer Bestimmung übergeben. Sie fand schnell Anklang, sowohl bei den Hochschulen, die eine zunehmende Anzahl von MOOCs auf der Plattform einrichteten, als auch bei den Studierenden, die sich in großer Zahl einschrieben. Dieser

Erfolg hat das Ministerium dazu veranlasst, das FUN-Projekt auf die interessierten Institutionen zu übertragen und eine unabhängige öffentliche Struktur, le *groupement d'intérêt public* FUN-MOOK, zu schaffen. In diesem Artikel stellen wir das Projekt, seine Genese und Entwicklungen sowie die Perspektiven seiner Weiterentwicklung vor.

Von Lausanne bis Yaoundé : das Abenteuer der MOOCs

Praktiken und Forschung im Rahmen der MOOCs, in Lausanne und im frankophonen Afrika

Dimitrios Noukakis, Gérard Escher und Patrick Aebischer, École polytechnique fédérale de Lausanne

Die digitale Revolution transformiert die Universitäten. Die massiven offenen Online-Kurse (MOOCs), die kostenlos sind und die von den besten Universitäten bereitgestellt werden, bringen dies glänzend zum Ausdruck. Wir befassen uns hier mit einem originalen MOOCs-Programm, das in Afrika zum Einsatz kommt und zum Teil von der *École polytechnique fédérale de Lausanne* und von den afrikanischen Partneruniversitäten produziert wurde. Innerhalb von zwei Jahren erreichten uns 54 000 Einschreibungen aus Afrika, von denen 17 000 Eingeschriebene aktiv teilnahmen, die zu zwei Dritteln junge Menschen in der Ausbildung und zu einem Drittel Erwachsene in der Fortbildung waren. Unser MOOCs-Programm für Afrika möchte in Zusammenarbeit mit den afrikanischen Partneruniversitäten eine Verbesserung des Erwerbs von Kompetenzen für eine breite Basis von Eingeschriebenen erreichen und zielt darauf ab, den Mangel an qualifizierten Fachkräften in den Schlüsselfächern für die Volkswirtschaften der Schwellenländer auszugleichen.

Anders lehren und lernen

Erziehung und kognitive Entwicklung des Kindes

Olivier Houdé, Professor für Psychologie an der Université Sorbonne Paris Cité (USPC), Direktor von LaPsyDE, UMR CNRS 8240

In der Schule lernt man seit eh und je vor allem durch Wiederholen, Praktizieren und Automatisieren. Das ist sehr gut, aber das Gehirn eines Schülers muss auch lernen, nach dem umgekehrten Schema vorzugehen : das heißt, es muss seine gewohnheitsmäßigen oder „heuristischen“ kognitiven Automatismen hemmen können. Es wäre also sehr nützlich, eine Pädagogik des präfrontalen Cortex zu entwickeln, dieses Frontallappens der Großhirnrinde, von dem die Ausübung der Inhibitionskapazität abhängt. Der Artikel entwickelt einige Beispiele zum Denkvermögen, zur Arithmetik, zur Orthographie, zur Lesefähigkeit sowie zu logisch-mathematischen Operationen, die von Piaget analysiert wurden und heute neues Interesse finden.

Plädoyer für die Grundschule und die Lehre

Thierry Weil, Professor, Mines Paris Tech

Frankreich gibt viel für das Bildungswesen aus, aber das schulische Niveau der Schüler im Alter von 15 Jahren ist unzureichend, die Schulversager sind zahlreich und die Unternehmen finden nicht die qualifizierten Personen, die sie gerne einstellen würden. Das französische Schulsys-

tem ist im weltweiten Vergleich besonders stark von Ungleichheiten geprägt und der Erfolg hängt hier vor allem vom kulturellen und wirtschaftlichen Niveau der Eltern ab. Die Ungleichheiten sind schon im *collège* (Sekundarbereich I) offenkundig, doch sie prägen sich schon in der *école primaire* (Grundschule) aus, auf deren Ebene man wirksame Gegenmaßnahmen treffen könnte. Außerdem privilegiert das französische System das abstrakte Wissen und setzt aus diesem Grund diejenigen Schüler herab, die sich besser entfalten könnten, wenn die Lehrer mehr Achtung vor der praktischen Intelligenz, der Berufsausbildung und der individualisierten Wissensvermittlung bezeigen würden, wie sie im Rahmen der Lehre möglich ist.

Das mit Digitaltechnik optimierte Handwerk Entwürfe, Ausbildungsprogramme und Praktiken für digitaltechnische Anwendungen in Handwerksberufen

Bruno Monpère, Direktor der Chambre des Métiers et de l'Artisanat (Gewerbe- und Handwerkskammer) der Region Tarn-et-Garonne – Cellule de recherche@artisanumerique

Die Zukunft der Handwerksberufe, die Patrimonialisierung der professionellen Wissensbestände sowie die Modellierung neuer Vektoren der Ausbildung und Lehre werfen zu einem Zeitpunkt Fragen auf, wo die digitalen Technologien einen unleugbaren Aufschwung erleben.

Verschiedene Strömungen des „Wissens“ und des „Machens“ treffen sich und finden neue gemeinsame Wege : *makers*, Neo-Handwerk, digitale Kunst, Design und Handwerk...

Im Rahmen des Projekts „*Artisan numérique*“ der Gewerbe- und Handwerkskammer der Region Tarn-et-Garonne werden verschiedene Ausbildungsprogramme entwickelt : „*artisanat et fabrication additive*“ (Handwerk und additive Fertigung) ; interdisziplinäre Studiengänge „*design et métiers*“ (Design und Berufe) in Partnerschaft mit dem Institut „*Arts appliqués*“ (Kunsth Handwerk) der Université Toulouse 2 ; Aufbau eines „*Répertoire numérique du geste artisanal*“ (Digitales Verzeichnis der handwerklichen Tätigkeiten).

Der Begriff des Machens und die Erfindung der Zukunft : eine konkrete Utopie ?

Rafaële Coste Lartigou, Inspektorin des französischen Bildungswesens im Bereich Information und Orientierung im Unterrichtsbezirk Versailles, und Emmanuelle Reille-Baudrin, Forscherin am CRTD-Cnam und Direktorin des Informations- und Orientierungszentrums im Unterrichtsbezirk Créteil

Von der Untersuchung einer Analyse von Tätigkeiten im Coworking-Projekt bis zur Erprobung neuer schulischer Aktivitäten – die Beispiele unseres Artikels kreisen um die Funktion des „Machens“ : eine Arbeit in einem professionellen Rahmen „machen“ und „machen“ um zu erfinden und zu lernen. Dieser Beitrag interessiert sich für das Tätigsein in seinen neuen Ausprägungen und in seinem zukünftigen Wandel, und befasst sich mit der Entwicklung des Handelns als einem wirksamen Faktor der Zukunft. Gedanken zum Paradigmenwechsel, zum Wandel der Or-

ganisationen und zur pädagogischen Phantasie werden unter dem Blickwinkel der Zusammenarbeit und der Teilhabe entwickelt. „Machen“, um die Zukunft zu erfinden : eine konkrete Utopie ? Eine im Werden begriffene Form der Ausbildung ?

Wie können die Beziehungen zwischen Schule und Unternehmen vertieft werden, um die junge Generation für die wirtschaftlichen Tatsachen von morgen vorzubereiten ?

Christiane Demontès, Directrice de Centre d'Information et d'Orientation

Noch nie war die Zukunft der Berufe und der Wirtschaft so schwer zu definieren wie heute.

Und doch entscheiden sich jedes Jahr junge Menschen und Studenten für eine schulische oder professionelle Orientierung. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie die jungen Menschen auf das Berufsleben vorbereitet werden sollen, welche Kompetenzen, welches Wissen und welche Geisteshaltung sie erwerben sollen, um ihren Erfolg sicherzustellen.

In dem Bericht an das *ministère de l'Éducation nationale*, den ich im Oktober 2015 vorlegte, wies ich mit Nachdruck auf die notwendige Verstärkung der Beziehung zwischen Schule und Unternehmen und auf deren Institutionalisierung hin, damit die Voraussetzungen für die berufliche Zukunft der jungen Generationen geschaffen werden können.

Dank positiver Erfahrungen und ihrer Verbreitung müsste es möglich sein, dass das französische Bildungswesen und die Wirtschaft diese Herausforderung annehmen.

Ausbildung für das Unbekannte : die Rolle der strategischen Frühaufklärung

Thierry Gaudin, Präsident von Prospective 2100, und Anne-Marie Boutin, Präsidentin der APCI

Die Rolle der Ausbildung besteht nicht in der Verewigung der existierenden Zivilisation, sondern in der Vorbereitung auf die Gesellschaft der zweiten Hälfte des 21. Jh.s . Das, was vorausgesehen werden kann, lässt Wandlungen von einem solchen Ausmaß erahnen, dass selbst ihre Fundamente unter dem Gesichtspunkt einer neuen Lebenskunst überdacht werden müssen.

Sonderthema

Zweihundert Jahre Hüttenkunde an der École des Mines de Saint-Étienne

Michel Darrieulat, ehrenamtlich tätiger ingénieur général des Mines

Vor zweihundert Jahren wurde in Saint-Étienne die *École des Mineurs* gegründet, die später zur *École des Mines* wurde. Die Hüttenkunde genoss hier sofort die höchste Wertschätzung, was sicherlich auf der Tradition der Waffenschmiedekunst und der Kohleindustrie der Stadt beruhte. Dieser Artikel verfolgt die Entwicklung der Arbeit der Hütteningenieure der Schule von ihrer Gründung an bis heute.

Zu Beginn handelte es sich darum, die industrielle Initiative zu ergreifen und das zu imitieren, was in England bereits praktiziert wurde : das Puddelverfahren zur Umwandlung des im Hochofen hergestellten Roheisens in Schweißstahl.

Dann kam die Zeit, in der die Professoren der Schule als Experten in der Industrie tätig waren und ihr vor allem empirisches Wissen weitergaben.

Als das Zeitalter der wissenschaftlichen Metallurgie anbrach, mussten von Grund auf neue Messgeräte geschaffen werden.

Dann folgte der Kampf um Reinheit und leistungsfähigere Legierungen...

Heute wird Kreativität in der Materialherstellung bei den Forschern besonders geschätzt. Die Anforderungen an Gewichtsverringering, Sicherheit und extreme Belastungsfähigkeit der Metallteile sind wesentliche Herausforderungen für die Ingenieure der Metallurgie. Dank der additiven Fertigung können Metallteile in nie da gewesenen Formen erzeugt werden. Und heute rücken sogar psycho-sensorielle Eigenschaften des jeweiligen Materials in den Fokus der Aufmerksamkeit. Die in Saint-Étienne tätigen Forscher legen immer mehr Kreativität und Originalität an den Tag und stehen im Kontakt mit einer wissenschaftlichen Gemeinde, die eine weltweite Dimension erreicht hat.

Koordinierung der Beiträge von Marie-Josèphe Carrieu-Costa

Formar para lo desconocido

Prólogo

Pierre Couveinhes

Introducción

Marie-Josèphe Carrieu-Costa

Visiones futuras para la educación

Entender y controlar la transición educativa

Philippe Jamet y Frédérique Vincent, Instituto Mines Télécom

Frente a la evolución de la economía y la sociedad, la palabra “ruptura” está en boca de todos. Los paradigmas tradicionales que rigen la organización de las empresas y la creación de valor han sido revolucionados por la invasión del sector digital, al mismo tiempo los factores determinantes del progreso y bienestar deben enfrentar las exigencias del desarrollo sostenible. Por su parte, las sociedades se ven confrontadas a los retos de la globalización y la diversidad.

Hasta el presente, estas tendencias parecían tener poco impacto en los sistemas educativos superiores. A pesar de las innovaciones de la pedagogía a distancia, cuyo ejemplo más reciente son los MOOC, las universidades y escuelas siguen contando con muchos estudiantes y la presión competitiva, agravada por las clasificaciones internacionales, no ha afectado sobre manera a las instituciones académicas que aún pueden contar con su clientela tradicional.

La organización de la enseñanza universitaria, tal como la conocemos, parece tener su futuro asegurado.

Ahora bien, esta impresión puede ser engañosa. Algunas transiciones importantes, que se entrevén desde ya, podrían presentarse en un contexto que en adelante les es favorable.

Hoy en día se constata la existencia de un riesgo de disparidad creciente entre, por una parte, la organización de las formaciones superiores y, por otra parte, la presión que el mercado ejerce en ellas tanto a nivel de la demanda y de la oferta como de sus modelos económicos.

Si desea superar estas amenazas potenciales, el sistema de formaciones superiores debe regenerarse, mediante cambios de paradigmas e innovaciones pedagógicas.

La formación, una dinámica colectiva para la industria

Isabelle Martin, Secretaria confederal de la CFDT (Confederación Francesa Democrática del Trabajo), encargada de políticas industriales e investigación

Los cambios económicos, tecnológicos y sociales actuales van de la par con una evolución de los oficios que

se traduce en destrucción pero también en creación de empleos.

En los estudios hechos por el Consejo nacional de la industria se aprecia que el problema no viene del sistema de formación inicial y continua, sino de la falta de una visión estratégica y compartida de las necesidades a mediano plazo de la industria en términos de empleos, cualidades, oficios, *know-how* y contratación.

Es importante que las instituciones *ad hoc* (Consejo nacional de la industria, Alianza industria del futuro, etc.), los actores concernidos (instituciones gubernamentales, actores industriales, empleados y sus representantes) se movilicen para volver a dar a la formación nacional y continua su papel esencial dentro de una ambición nacional de reconquista industrial e identifiquen las palancas de una política transversal de renovación de cualidades industriales en Francia, que pueda enfrentar los nuevos problemas (prioridades de los comités estratégicos de cada sector, plan industria del futuro, soluciones industriales de la nueva Francia industrial, estrategias digitales, etc.). Un enfoque futurista y de estrategia compartida que contribuye a la competitividad a largo plazo de la industria, al desarrollo de las actividades y del empleo, y permite alcanzar carreras y transiciones profesionales llenas de éxito.

Los STEM jobs (formaciones científicas, técnicas e industriales) y el desarrollo industrial

Christian Margaria y Bruno Verlon, Consejo general de economía

Las ciencias y tecnologías de la ingeniería desempeñan un papel clave en la competitividad de los países desarrollados. El tema de la adecuación de las cualificaciones adquiridas por los estudiantes con relación a las expectativas de las empresas y del número de recién graduados que tienen un nivel de cualificación adecuado respecto a las necesidades de contratación de un sector en particular es crucial. En Francia, todas las estadísticas muestran que, a corto plazo, no hay riesgo de falta de técnicos e ingenieros. Por el contrario, en ciertos sectores la contratación pasa por tiempos difíciles, y a mediano y largo plazo es probable que Francia sólo cuente con una pequeña parte de la reserva global de talentos.

El mundo empresarial también sufre de una falta de información entre los jóvenes. Es importante generalizar los contactos entre el sistema educativo y los sectores industriales para que éstos vuelvan a ser atractivos.

Formar para el futuro, el papel desempeñado por el programa Erasmus+

Helena Tegovska, Dirección General de Educación y Cultura, Comisión Europea

Gracias a las diferentes acciones que propone, el programa europeo Erasmus+ tiene una influencia directa en la

sociedad europea, sus estudiantes, instituciones de educación superior y empresas.

Apoyándose en las prioridades políticas definidas en la estrategia de modernización de los sistemas de enseñanza superior en Europa, Erasmus+ apoya a los establecimientos de enseñanza superior (EES), ayudándoles a definir y desarrollar las formaciones que corresponden a las necesidades económicas y sociales del futuro. Al participar en proyectos de cooperación con empresas o asociados internacionales, las universidades europeas se modernizan y amplían su oferta, adaptándose a las nuevas necesidades de la sociedad, para poder ofrecer cursos de formación atractivos tanto para los estudiantes como para las empresas.

Erasmus+ tiene también una influencia en la vida de miles de estudiantes que viajan al extranjero para realizar una parte de sus estudios. Esto no sólo les permite mejorar su nivel en lenguas extranjeras y desarrollar una mayor conciencia intercultural, sino también adquirir las competencias transversales buscadas por más de 90% de las empresas, como la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios y nuevas situaciones, resolver problemas, trabajar en equipo, mostrar un espíritu crítico y expresarse de forma más eficiente.

Ciencia contra humanidades, cambiar de modelo y de percepción

Alexandre Moatti, Ingeniero jefe de Minas e investigador asociado de la Universidad Paris-Diderot (Laboratorio Sphere UMR 7219)

La importancia de la selección por las ciencias, pilar de la enseñanza francesa desde finales del siglo XIX, es un esquema que debería reconsiderarse, en particular en el medio de las élites que han pasado por las grandes escuelas. En un momento en el que casi el 80% de los estudiantes obtiene el bachillerato, el problema ya no es la selección, en especial por las ciencias, la cual deja de lado demasiados estudiantes. En adelante la cuestión gira en torno a la constitución de una base de conocimientos comunes. Las humanidades (en particular la historia y la cultura general) que a menudo se subvaloran en la educación secundaria y superior, deben constituir una parte esencial de dicha base. Gracias a una cierta metodología científica, permiten formar mentes más cultivadas y creativas, en un mundo en el que el trabajo es cada vez más complejo. Por otra parte, la base de conocimientos de una cultura general común constituye también el fundamento de la convivencia. Hay que ir hasta el final del cambio de paradigma actual para poder analizar tanto sus raíces como consecuencias.

La prospectiva, de la anticipación a la preparación del futuro

Pierre Papon, físico, profesor honorario de física térmica en la Escuela Superior de Física y Química industriales de París (ESPCI)

El objetivo de la prospectiva es aclarar el futuro proporcionando escenarios realistas y tratando de anticipar cualquier ruptura. En el campo de la ciencia y tecnología,

hace conjeturas sobre posibles cambios de los paradigmas, identifica vías prometedoras y lanza hipótesis sobre el impacto social y económico de los avances científicos y técnicos. En este artículo, se analizan los métodos de la prospectiva científica y técnica, poniendo de relieve sus éxitos y fracasos. El enfoque prospectivo es una herramienta que permite desarrollar estrategias. Por ello, merece un lugar en la formación de los ingenieros, científicos y, en general, de los administradores.

Efectos de la revolución digital en el campo educativo

La enseñanza online genera una nueva sed de conocimientos

Gilles Dowek, Investigador en el INRIA y Profesor de la Ecole Normale Supérieure de Cachan

El desarrollo de la enseñanza *online* forma parte de un amplio movimiento de intercambio de conocimientos que atraviesa a nuestras sociedades. Al dar una nueva vida a las ideas de enseñanza a distancia, enseñanza asistida por ordenador y educación mutua, la enseñanza *online* participa en una renovación de la enseñanza, tanto de sus métodos como de su temporalidad.

FUN, una plataforma de MOOC al servicio de las instituciones de educación superior

Catherine Mongenet, Profesora universitaria

Creados en los Estados Unidos en 2012, los MOOC (*Massive Online Courses*, o cursos *online* masivos y abiertos, COMA en español) han despertado un fuerte interés en Francia desde 2013. Este interés se sitúa en un contexto más amplio, el de la transformación digital de la educación superior. Deseoso de acompañar esta transformación, el Ministerio de Educación Superior y de Investigación ha definido, ese mismo año, su estrategia digital cuyas acciones incluyen la creación de una plataforma de MOOC para los establecimientos de enseñanza superior e investigación. Esta plataforma, denominada FUN por sus siglas en francés (Francia Universidad Digital), vio la luz en octubre de 2013. Rápidamente ha alcanzado un éxito tanto en entidades que han acogido un número creciente de MOOC sobre la plataforma, como entre los estudiantes, quienes se han inscrito masivamente. Este éxito ha llevado al Ministerio a transferir el proyecto FUN a las instituciones que participan en el proyecto dentro del marco de una estructura pública independiente, el grupo de interés público (GIP) FUN-MOOC. En este artículo, se presenta el proyecto, su génesis y evolución, así como sus perspectivas de desarrollo.

De Lausana a Yaundé, la aventura de los MOOC Prácticas e investigación sobre los MOOC, en Lausana y en el África de habla francesa

Dimitrios Noukakis, Gérard Escher y Patrick Aebischer, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausana

La revolución digital está transformando las universidades. Los cursos masivos en línea (MOOC) abiertos, gratuitos y producidos por las mejores universidades son una de sus expresiones más importantes. El artículo presenta

un programa original de MOOC realizados en África y co-producidos en parte por la École Polytechnique Fédérale de Lausana (EPFL) y universidades africanas asociadas. En dos años, se han recibido 54.000 inscripciones de estudiantes residentes en África, de entre los cuales 17.000 han sido realmente activos. 66% de las inscripciones provenían de jóvenes estudiantes y el resto de adultos en formación continua. A través de una mejor adquisición de competencias por parte de una mayor base de alumnos, nuestro programa MOOC para África - en colaboración con asociados académicos del continente africano - busca subsanar la falta de personal cualificado en áreas clave para las economías emergentes.

Una nueva forma de enseñar y aprender

Educación y desarrollo cognitivo del niño

Olivier Houdé, Profesor de psicología de la Universidad Sorbona París Cité (USPC), Director de LaPsyDÉ, UMR CNRS 8240

Desde siempre, en la escuela se aprende sobre todo por la repetición, la práctica y el desarrollo de reflejos. Estas técnicas son acertadas, pero el cerebro de los alumnos también debe aprender a razonar siguiendo el esquema inverso; es decir, inhibir sus reflejos cognitivos habituales o "heurísticos". Para ello, sería muy útil desarrollar una pedagogía del córtex prefrontal, esta región situada en la parte delantera del cerebro que alberga esta capacidad de inhibición. El artículo presenta algunos ejemplos de razonamiento, aritmética, ortografía, lectura o tareas lógico-matemáticas de Piaget que actualmente se han reevaluado.

Promovamos la escuela primaria y el aprendizaje

Thierry Weil, Profesor de la escuela de Minas Paris Tech

Francia invierte mucho dinero en la educación, pero el nivel de los alumnos de 15 años es deficiente, los alumnos que abandonan la escuela son muchos y las empresas no encuentran personas cualificadas para contratar que respondan a sus exigencias. La escuela francesa es una de las menos igualitarias del mundo, el éxito depende fundamentalmente del nivel cultural y económico de los padres. Si las desigualdades se evidencian en el instituto, estas se generan en la escuela primaria y ahí es donde se puede actuar eficazmente para resolverlas. Por otra parte, el sistema escolar favorece los conocimientos abstractos, dejando de lado los alumnos que podrían desarrollarse si los maestros tuviesen más en cuenta la inteligencia práctica, las formaciones profesionales y la transmisión individualizada que permite el aprendizaje.

La artesanía aumentada

Concepciones, enseñanzas y prácticas de un arte digital aplicado a la artesanía

Bruno Monpère, Director de la Cámara de Oficios del departamento Tarn-et-Garonne - Grupo de investigación @artisanumerique

Las cuestiones del porvenir de los oficios artesanales, de la patrimonización del *know-how*, al igual que la creación

de modelos de nuevos vectores de transmisión y aprendizaje se hacen evidentes en el momento en que las tecnologías digitales tienen un cierto auge.

Diferentes movimientos se desarrollan en el cruce entre el "saber" y el "hacer": makers, neo-artesanado, artes digitales, diseño y artesanado...

El grupo "Artesano digital" de la Cámara de comercio del departamento francés Tarn-et-Garonne ha desarrollado diversos programas: formaciones "artesanado y fabricación aditiva", licencia interdisciplinaria "Diseño y oficios" en asociación con el Instituto de Artes Aplicadas de la Universidad Toulouse 2 y creación de un "Directorio digital del saber artesanal".

Hacer para inventar el futuro, ¿una utopía concreta?

Rafaëlle Coste Lartigou, Inspectora encargada de la información y orientación en la Academia de Versalles, y Emmanuelle Reille-Baudrin, Investigadora del CRTD-Cnam y directora de un centro de información y orientación (Academia de Créteil)

En el artículo se interroga la función del "hacer", desde los resultados de una investigación basada en el análisis de la actividad en un espacio de *coworking* hasta el desarrollo de espacios innovadores en la escuela: hacer un trabajo en el universo profesional y hacer para inventar y aprender en el universo escolar. Basándose en las nuevas formas de la actividad y sus transformaciones por venir, se estudia el desarrollo del "hacer" como un poderoso medio para el futuro. El cambio de paradigma, la transformación de las organizaciones y la invención pedagógica se analizan aquí en una dimensión colaborativa y participativa. Hacer para inventar el futuro, ¿una utopía concreta? ¿Una vía de formación en ciernes?

Cómo profundizar las relaciones entre la escuela y la empresa para preparar a los jóvenes a las realidades económicas del futuro

Christiane Demontès, Directora del Centro de Información y Orientación

Nunca antes el provenir de los oficios y del mundo económico había parecido tan incierto.

A pesar de ello, cada año los estudiantes deben elegir su orientación escolar y profesional. Teniendo en cuenta este contexto, ¿cómo se debe preparar a los jóvenes para su entrada en el mundo profesional, aportándoles los conocimientos, al igual que el "saber hacer" y "saber ser" necesarios para su éxito?

El informe que la autora ha redactado para el Ministerio de educación francés, publicado en octubre de 2015, insiste sobre la necesidad de reforzar la relación entre la escuela y la empresa, y la institucionalización de esta relación para preparar el futuro profesional de las nuevas generaciones.

Apoyándose en las experiencias positivas y generalizándolas, el Ministerio de educación y el mundo económico pueden enfrentar este reto.

Formar para lo desconocido, el papel de la prospectiva

Thierry Gaudin, Presidente de Prospective 2100, y Anne-Marie Boutin, Presidenta de la APCI.

El papel de la enseñanza no es perpetuar la civilización existente, sino preparar a la sociedad de la segunda mitad del siglo XXI. Desde ya podemos ver transformaciones de tal magnitud que sus propios fundamentos deben ser reconstruidos con la perspectiva de un nuevo arte de vivir.

Otros temas

Doscientos años de metalurgia en la Escuela de minas de Saint-Étienne

Michel Darrieulat, ingeniero general de la Escuela de Minas honorario

Hace doscientos años que la Escuela de mineros, que posteriormente se convertiría en la Escuela de Minas, fue creada en Saint-Étienne. La metalurgia ha ocupado siempre un lugar preponderante, talvez por la tradición armamentística y carbonera de la ciudad.

El artículo presenta la evolución del trabajo de los metalurgistas de la Escuela desde su fundación.

Al principio se trataba de seguir la iniciativa industrial e imitar lo que ya se hacía en Inglaterra: fabricar acero al crisol y hierro pudelado.

Luego vino el tiempo en el que los profesores de la Escuela participaban como expertos en las empresas, transmitiendo saberes ampliamente empíricos.

Después fue el momento de la metalurgia científica y hubo que fabricar aparatos de medición por completo.

Posteriormente ha llegado la carrera a la pureza y a la mejora del rendimiento de las aleaciones...

Actualmente, la creatividad en materia de materiales es la calidad más apreciada por los investigadores. Para las piezas metálicas, las exigencias de ligereza, seguridad y las condiciones extremas de funcionamiento constituyen desafíos que los metalurgistas deben afrontar. La fabricación aditiva permite crear piezas de formas inéditas. Por último, en el mundo de hoy, las propiedades psico-sensitivas de los materiales deben también tenerse en cuenta. Los investigadores de Saint-Étienne despliegan cada vez más su creatividad y originalidad, en un mundo científico a escala mundial.

El dossier ha sido coordinado por Marie-Josèphe Carrieu-Costa



D.R

AEBISCHER Patrick

Patrick Aebischer a suivi sa formation en médecine (1980) et en neurosciences (1983) au sein des Universités de Fribourg et de Genève.

De 1984 à 1992, il a travaillé en tant que professeur assistant, puis en tant que professeur associé à Brown University (États-Unis) au sein du département des

neurosciences et du département des biomatériaux et des organes artificiels.

À l'automne 1992, Patrick Aebischer revient en Suisse pour exercer en qualité de professeur au sein de la division autonome de recherche chirurgicale et au sein du centre de thérapie génique (DARC) du Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) à Lausanne.

En 1999, Patrick Aebischer est nommé président de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) par le Conseil fédéral, une institution qu'il dirigera jusqu'au 31 décembre 2016.

Patrick Aebischer est membre de l'American Institute for Medical and Biological Engineering (AIMBE), ainsi que de l'Académie suisse des sciences médicales (ASSM) et de l'Académie suisse des sciences techniques (SATW).

Patrick Aebischer a également créé trois *start-ups* de biotechnologies et il est membre des conseils d'administration de Lonza et de Nestlé. Patrick Aebischer est également membre du Conseil du World Economic Forum (WEF) et préside le Novartis Venture Fund (NVF).

BOUTIN Anne-Marie

Conseillère maître honoraire à la Cour des comptes, Anne-Marie Boutin est présidente de l'Agence pour la promotion de la création industrielle, qu'elle a créée en 1983.

Elle a été présidente et directrice de l'École nationale supérieure de création industrielle Ensci/les Ateliers de 1984 à 1992.

Ancienne élève de l'École normale supérieure, agrégée de mathématiques et titulaire d'une licence de psychologie sociale, elle a été maître assistante à Paris Sorbonne, puis conseiller scientifique et directeur des études AI de l'École nationale d'administration.



D.R

COSTE LARTIGOU Rafaële

Après avoir suivi une formation à l'École normale supérieure en lettres modernes, Rafaële Coste Lartigou a enseigné de la classe de seconde à la licence et est aujourd'hui inspectrice de l'Éducation nationale chargée de l'information et de l'orientation dans

l'académie de Versailles. Au titre de ses fonctions actuelles, elle est chargée du pilotage de la mission de lutte contre le décrochage scolaire dans le département des Hauts-de-Seine et contribue au développement de dispositifs inno-

vants et à leur évaluation. Au sein du Conseil supérieur des programmes (CSP), elle a participé aux travaux du groupe d'élaboration du projet de référentiel du Parcours Avenir. Dans le prolongement de ces travaux, elle œuvre aujourd'hui au développement de nouvelles modalités d'articulation entre l'école et les partenaires de celle-ci.



D.R

DARRIEULAT Michel

Ingénieur de l'École polytechnique et de l'École des Mines de Paris, Michel Darrieulat est docteur ès sciences (spécialité métallurgie) et docteur habilité à diriger des recherches.

Ingénieur du corps des Mines depuis 1973, Michel Darrieulat a fait valoir ses droits à la retraite le

20 janvier 2015, avec le grade d'ingénieur général. Il est Officier de l'ordre des Palmes académiques.

De 1974 à 1985, il exerce diverses responsabilités au sein de l'arrondissement minéralogique de Toulouse, au ministère de l'Industrie (délégation à l'innovation et à la technologie) et à l'ANVAR (délégation régionale Île-de-France). Affecté de 1985 à 2015 à l'École des Mines de Saint-Étienne, il y exerce en qualité de directeur adjoint chargé des recherches, puis de directeur adjoint du Centre des sciences des matériaux et des structures.

Il y enseigne la science des matériaux, la mécanique des milieux continus et l'ingénierie des transports.

Ses travaux de recherche portent sur le comportement anisotrope des alliages métalliques, sur l'instabilité des plastiques (leurs déformations), ou encore le forgeage multiaxial des métaux hexagonaux (titane, zirconium).

Aujourd'hui, il est secrétaire général du Cercle d'études des métaux, une société savante hébergée par l'École des Mines. Dans le cadre de la convention d'accueil conclue entre ces deux entités, il est chargé de la réalisation de diverses tâches pour le compte de l'École, notamment d'animer la formation des élèves se destinant au BTP.

DEMONTÈS Christiane

De 2004 à 2014, Christiane Demontès a été Sénatrice du Rhône.

Ancienne directrice de Centre d'information et d'orientation (CIO), elle est aujourd'hui présidente du Conseil national de l'insertion par l'activité économique (CNAIE). Elle est l'auteure d'un rapport sur l'évaluation du partenariat conclu entre l'Éducation nationale, l'Enseignement supérieur et le monde économique pour favoriser l'insertion professionnelle des jeunes.

DOWEK Gilles

Gilles Doweck est chercheur à l'Inria et est enseignant à l'École normale supérieure de Cachan. Ses travaux portent sur la formalisation des mathématiques, les systèmes de traitement des démonstrations, la physique du calcul et la sûreté des systèmes aéronautiques et spatiaux. Il est membre du Conseil scientifique de la Société informatique de France, du Conseil scientifique de « La main à

la pâte » et de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche de l'Alliance des sciences et technologies du numérique. Il assure une chronique mensuelle dans la revue *Pour la Science*. De 2013 à 2015, il a contribué à la création du Mooc Lab d'Inria.



ESCHER Gérard

Gérard Escher est titulaire d'un diplôme de biologie de l'Université de Genève et d'un doctorat en neurosciences de l'Université de Lausanne. Après un séjour en qualité de post-doctorant à l'Université de Stanford, il rejoint l'Université de Lausanne en tant que maître assistant pour diriger

D.R

un groupe de recherche dans le domaine de la synaptogénèse. En 1999, il est nommé conseiller scientifique au sein du cabinet du secrétaire d'État à l'Éducation et à la Recherche, Charles Kleiber, puis, en 2005, il devient vice-directeur de ce même secrétariat d'État. Depuis novembre 2008, il est en fonction à l'École polytechnique fédérale de Lausanne, où il exerce en qualité de conseiller du président de l'école, Patrick Aebischer.

GAUDIN Thierry

Polytechnicien (promotion 1959), ingénieur général des Mines honoraire (École des Mines de Paris) et docteur en sciences de l'information et de la communication (Université de Paris X Nanterre (2008), où il a soutenu une thèse sur travaux intitulée « Innovation et prospective : la pensée anticipatrice »), Thierry Gaudin est président de « Prospective 2100 » (<http://2100.org> et <http://gaudin.org>).

De 1965 à 1969, il a été chargé des questions industrielles et de recherche auprès du préfet de la région du Nord.

De 1971 à 1981, il était en fonction au ministère français de l'Industrie, où il était en charge de l'élaboration d'une politique d'innovation.

De 1982 à 1992, il a dirigé, après l'avoir fondé, le Centre de prospective et d'évaluation du ministère de la Recherche et de la Technologie, dont l'une des missions est d'assurer une veille technologique internationale. Au cours de cette période, il réalise une étude de prospective mondiale, qui est publiée en 1990, chez Payot, sous le titre « 2100, récit du prochain siècle ».

Il est depuis 2005 (postérieurement à son admission à la retraite) membre associé du CGE (ex-Conseil général des Mines, devenu aujourd'hui le Conseil général de l'Économie), membre du Club de Rome (Bruxelles) et membre du comité directeur de la *World Futures Studies Federation* (WFSF).

HOUDÉ Olivier

Instituteur de formation, Olivier Houdé est professeur de psychologie à l'Université Paris Descartes Sorbonne Paris Cité. Il est également directeur du LaPsyDÉ (CNRS) et est membre senior de l'Institut universitaire de France (IUF). Olivier Houdé est spécialiste du développement de l'intelligence chez l'enfant et des apprentissages. Il est le



D.R

premier en France et l'un des tout premiers au monde à avoir utilisé les nouvelles technologies d'imagerie cérébrale pour explorer le développement cognitif des enfants.

Il est l'auteur de plus de 300 publications et communications scientifiques, dont 18 livres. Il a notamment signé les ouvrages suivants : « Le Raisonnement »

publié aux Presses universitaires de France en 2014 (Prix de l'Académie des sciences, 2014) et « Apprendre à résister » aux Éditions Le Pommier en 2014 (Grand Prix de l'Académie française, 2015). En 2016, il a publié une « Histoire de la psychologie » aux Presses universitaires de France. Site Web : <http://olivier.houde.free.fr/>

JAMET Philippe

Philippe Jamet est diplômé de l'École des Mines de Paris (ingénieur civil des mines, 1984 ; docteur, 1991) et de l'Université Pierre-et-Marie-Curie (habilitation à diriger des recherches, 1999).

Philippe Jamet est directeur général de l'Institut Mines-Télécom, un établissement d'enseignement supérieur et de recherche collégial regroupant 12 grandes écoles d'ingénieur et de management placées sous l'autorité du ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique. Professeur de classe exceptionnelle de l'Institut Mines-Télécom, il a été auparavant directeur de l'École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne de 2008 à 2014. De 2004 à 2008, il était en poste à l'ambassade de France à Washington (DC – États-Unis) en qualité d'attaché pour la science et la technologie. De 2013 à 2015, il a également occupé les fonctions de président de la Conférence des grandes écoles. Philippe Jamet est membre de l'Académie des technologies.

Il est l'auteur de 40 publications de recherche, de trois nouvelles et de trois essais, et à rédiger plusieurs chapitres de livres.



D.R

MARGARIA Christian

Après avoir été successivement conseiller spécial à la formation et à l'enseignement supérieur au Commissariat à la diversité et à l'égalité des chances, puis à la Délégation interministérielle à la lutte contre le racisme et l'antisémitisme, Christian Margaria est actuellement en poste au Conseil

général de l'économie. Il a été auparavant directeur de la formation de Télécom INT ; directeur de la gestion, puis directeur de la stratégie et de la gestion à la direction de l'enseignement supérieur des télécommunications ; directeur de Télécom SudParis, avant d'être nommé directeur général de Télécom & Management SudParis.

Électronicien et mathématicien de formation, enseignant-chercheur en mathématiques, ingénieur général

des Mines, il a été également membre de la Commission des titres d'ingénieur, membre de la Commission d'accreditation de la Conférence des grandes écoles (CGE) et président de la Commission amont de la CGE. Pendant ses trois mandats successifs à la présidence de la CGE, une impulsion forte a été donnée à l'ouverture sociale de l'enseignement supérieur, à l'égalité des chances entre les filles et les garçons dans l'enseignement supérieur et au développement du travail en faveur des personnes handicapées.

Christian Margaria est Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques au titre de son implication dans les actions de prévention de la violence dans les collèges et les lycées, et est chevalier de la Légion d'Honneur pour son engagement en faveur de la parité et de l'égalité des chances entre les femmes et les hommes.



D.R

MARTIN Isabelle

Secrétaire confédérale à la CFDT, Isabelle Martin est en charge des politiques industrielles et de recherche. Elle est également membre du bureau du Conseil national de l'Industrie et du comité de pilotage « Industrie du futur » en qualité de représentante de la CFDT.

En tant que présidente de la section transversale « Emplois et compétences » du CNI, elle anime un groupe de travail sur les enjeux de la formation dans l'industrie et les services associés.



D.R

MOATTI Alexandre

Ingénieur en chef des Mines (Conseil général de l'économie), Alexandre Moatti (www.moatti.net) est chercheur associé à l'Université Paris VII-Denis Diderot (laboratoire SPHERE UMR 7219). Il participe à de nombreuses actions publiques de diffusion de la connaissance depuis 2004 (par exemple, www.bibnum.education.fr). Il a été délégué de la Fondation CGénial (œuvrant, de 2007 à 2012, au développement d'une culture scientifique dans les lycées et les collèges) – il en est aujourd'hui un des administrateurs. Il est par ailleurs président du jury d'admission de l'ENSCI (École nationale supérieure de création industrielle).



D.R

MONGENET Catherine

Catherine Mongenet est professeur d'université. De 2009 à 2012, elle a été vice-présidente en charge de la politique numérique à l'Université de Strasbourg. En mai 2013, elle est nommée chargée de mission au ministère de l'Éducation nationale et de l'Enseignement supérieur et de la Re-

cherche, où elle est en charge du projet France Université Numérique. À ce titre, elle a finalisé la stratégie numérique de l'enseignement supérieur et a coordonné la mise en place de la plateforme nationale de MOOC FUN, dont le lancement est intervenu en octobre 2013.

Depuis septembre 2015, elle est directrice du GIP FUN-MOOC, qui a été créé pour assurer la pérennité de la plateforme FUN au travers du développement de nouvelles activités.

MONPÈRE Bruno

Juriste de formation (Master 2 de Droit social – Université Paris 2), Bruno Monpère est, depuis 2011, directeur de la Chambre des Métiers et de l'Artisanat du Tarn-et-Garonne. Concepteur des programmes de la cellule « Artisan numérique » et de l'ingénierie pédagogique du parcours « Métier » de la licence « Artisan Designer », il intervient dans le cadre de différents modules d'enseignement « Théorie des Métiers ».



D.R

NOUKAKIS Dimitrios

Dimitrios Noukakis est diplômé en chimie (1986) et est titulaire d'un doctorat de l'Université de Fribourg (1991). De 1991 à 1995, il a été chercheur associé à Kodak Corporate Research Laboratories (Rochester, États-Unis), à la Katholieke Universiteit Leuven (Belgium) et à l'École polytechnique fédérale de Lausanne – EPFL. En 2002, il a obtenu un MBA à la Business School Lausanne.

Au titre d'activités antérieures, il a travaillé en tant qu'éditeur pour Elsevier (1995-2000) et a fondé plusieurs compagnies de marketing et de communication œuvrant au profit de la communauté scientifique (2000-2005).

Dimitrios Noukakis a rejoint l'EPFL en novembre 2005. Son travail a été déterminant dans le développement des stratégies et des activités marketing ayant contribué à la promotion des programmes Master de l'EPFL au niveau international. Depuis 2013, il dirige le programme MOOCs pour l'Afrique, une initiative visant à promouvoir des méthodes innovantes d'enseignement dans les universités africaines, notamment au travers de l'utilisation des MOOCs.



D.R

PAPON Pierre

Physicien, Pierre Papon est professeur honoraire de physique thermique à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris (ESPCI). Il a été directeur général du Cnrs et PDG de l'Ifremer. Il est président d'honneur de l'OST (Observatoire des Sciences et des Techniques) et est conseiller scientifique de *Futuribles*. Parmi ses derniers ouvrages traitant de questions de prospective, peuvent être cités : *Énergie : la science peut-elle changer la donne ?* aux Éditions Le Pommier (2012) et

Bref récit du futur, Prospective 2050, science et société, chez Albin Michel (2012).



REILLE-BAUDRIN **Emmanuelle**

Emmanuelle Reille-Baudrin est docteur en psychologie du travail et en clinique de l'activité. Elle est chercheur au centre de recherche sur le travail et le développement (EA 4132, CRTD-Cnam) et est directrice d'un centre d'information et d'orientation de l'académie

D.R

de Créteil. Ses travaux portent sur la fonction psychologique de l'analyse clinique de l'activité dans les périodes de transitions, de changements qu'ils soient de nature individuelle, collective ou organisationnelle. Elle s'intéresse à la manière dont l'analyse du vécu, la reprise des événements dans un cadre clinique dialogique peuvent être l'occasion de développements.



TEGOVSKA Elena

En fonction à la direction générale Éducation et culture de la Commission européenne, Elena Tegovska travaille au sein de l'unité en charge de la promotion et du suivi de la mise en œuvre du programme Erasmus+ dans le domaine de l'enseignement supérieur. Auparavant, elle a exercé

D.R

au sein du bureau des relations internationales de l'Université libre de Bruxelles. Elle est titulaire d'une maîtrise en sciences politiques.

VERLON Bruno

Après avoir successivement dirigé l'École des Mines d'Albi-Carmaux et exercé en qualité d'adjoint auprès du Commissaire général au développement durable au sein du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Bruno Verlon a rejoint le Conseil général de l'économie où, tout en participant à des missions d'audit, d'appui et d'inspection, il assure la direction des équipes du Secrétariat général.

Ingénieur général des Mines et diplômé de l'École nationale des télécommunications et de l'École supérieure de métrologie, il a débuté sa carrière au service des instruments de mesure du ministère de l'Industrie avant d'être chargé des questions de métrologie au ministère de l'Environnement. Après avoir travaillé à la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) de Lorraine, il a rejoint le ministère de l'Environnement pour s'occuper d'environnement industrie. Par la suite, il a dirigé l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, avant d'être nommé directeur régional de la DRIRE Alsace et délégué régional de l'ANVAR.

Ancien président de l'Union des ingénieurs et scientifiques de Lorraine (instance régionale de l'association des ingénieurs et scientifiques de France (IESF)), Bruno

Verlon a présidé la Conférence régionale des directeurs de grandes écoles (CREDIGE) de Midi-Pyrénées, qui regroupe dix-sept établissements d'enseignement supérieur et de recherche. Il est chevalier dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur et dans l'Ordre national du Mérite.



VINCENT Frédérique

Frédérique Vincent est directrice de l'enseignement et de l'international à l'Institut Mines-Télécom. Professeur en sciences de l'environnement, elle était précédemment directrice de l'Institut supérieur en ingénierie et gestion de l'environnement de Mines ParisTech (2002-2015). Elle a conçu et dirigé plusieurs formations dans le domaine du développement durable en France et à l'international et a participé à la mise en place de projets pédagogiques innovants et à la création de ressources numériques. Elle est administratrice de l'UVED, une des sept universités numériques thématiques soutenues par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, université qui a pour mission de produire et de diffuser des ressources pédagogiques numériques dans les domaines relevant du développement durable.

D.R

Frédérique Vincent est diplômée de l'Institut des sciences et techniques de l'eau de Montpellier (1984), titulaire d'un DEA de l'Université Pierre-et-Marie-Curie (1986) et d'un doctorat de l'École des Mines de Paris (1991).

WEIL Thierry

Professeur associé au Centre d'économie industrielle de Mines ParisTech, Thierry Weil réalise des recherches et prodigue des conseils en matière de management de l'innovation en entreprise et de définition de politiques publiques favorables à l'innovation. Il a fondé et anime le séminaire « Innovation » de l'École de Paris du management. Depuis 2011, il anime *La Fabrique de l'industrie*, un laboratoire d'idées dont l'ambition est de stimuler les débats sur les enjeux et le devenir de l'industrie.

Il a travaillé en France, aux États-Unis et en Allemagne au sein d'organismes publics (École des Mines, CEA, CNRS, Université de Stanford) et dans l'industrie (Thomson, Corgema, PSA, Knoll AG, Raychem Inc.).

Il a été conseiller technique au sein du cabinet du Premier ministre, où il était chargé de la recherche, de la technologie et de la propriété industrielle. Il a présidé l'Observatoire des sciences et des techniques et fondé l'Observatoire des pôles de compétitivité.

Thierry Weil est l'auteur ou le coordonnateur d'une centaine de publications et de plusieurs brevets. Ingénieur général des Mines, il est membre de l'Académie des technologies. Titulaire d'une licence de philosophie et d'une licence de logique, il est également docteur en physique et est habilité à diriger des recherches en gestion.